த. பா. நி. (க.வெ.) வரிசை எண்—317

ஒளி மின்கலம்

ஆசிரியர்
மேஜர் ப. குட்டியப்பன், எம்.ஏ., பி.எஸ்ஸி. (ஆனர்ஸ்),
இயல்பியல் உதவிப் பேராசிரியர்,
அரசினர் கலைக் கல்லூரி,
கோயம்புத்தூர்.

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—April, 1972

T.N.T.B.S. (C.P.) No. 317

PHOTO ELECTRIC CELL

MAJOR P. KUTTIAPPAN

Net Price Rs. 13-50

(No discount)

'Published by the Tamil Nadu Text Book Society under the Centrally Sponsored Scheme of Production of books and literature in regional languages at the University level, of Government of India in the Ministry of Education and Social Welfare'.

Printed by

GANESA PRINTING WORKS,

55, Muthumari Chetty Street, Madras-1.

அணிந்துரை

... இரா. நெடுஞ்செழியன்
(தமிழகக் கல்வி - உள்ளாட்சித் துறை அமைச்சர்)

தமிழைக் கல்லூரிக் கல்வி மொழியாக ஆக்கிப் பதினோராண்டுகள் ஆகிவிட்டன. குறிப்பிட்ட சில கல்லூரிகளில் பி.ஏ. வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்று வந்தனர். 1968ஆம் ஆண்டின் தொடக்கத்தில் புகுமுக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப் படிப்பு வகுப்புகளிலும் அறிவியல் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வந்துள்ள கல்லூரி ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் இதற்கெனத் தந்த உழைப்பு, தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் நூல்கள் எழுதித் தர முன்வந்த நூலாசிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி இவற்றின் காரணமாக இத் திட்டம் நம்மிடையே மகிழ்ச்சியும் மன நிறைவும் தரத்தக்க வகையில் நடைபெற்று வருகிறது. இவ் வகையில், கல்லூரிப் பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே பயிற்றுவிப்பதற்குத் தேவையான பயிற்சியைப் பெறுவதற்கு மதுரைப் பல்கலைக்கழகம் ஆண்டுதோறும் எடுத்து வரும் பெருமுயற்சியைக் குறிப்பிட்டுச் சொல்லவேண்டும்.

பல துறைகளில் பணிபுரியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனையோ நெருக்கடிகளுக்கிடையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முறையில் நூல்கள் எழுதித் தந்துள்ளனர்.

வரலாறு, அரசியல், உளவியல், பொருளாதாரம், தத்துவம், புவியியல், புவியமைப்பியல், மனையியல், கணிதம், பௌதிகம், வேதியியல், உயிரியல், வானியல், புள்ளியியல், விலங்கியல், தாவரவியல், பொறியியல் ஆகிய எல்லாத் துறைகளிலும் தனி நூல்கள், மொழிபெயர்ப்பு நூல்கள் என்ற இரு வகையிலும் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம் வெளியிட்டு வருகிறது.

இவற்றுள் ஒன்றான **'ஒளி மின்கலம்'** என்ற இந் நூல் தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனத்தின் **317**ஆவது வெளியீடாகும். இதுவரை **352** நூல்கள் வெளிவந்துள்ளன. இந் நூல் மைய அரசு கல்வி, சமூக நல அமைச்சகத்தின் மாநில மொழியில் பல்கலைக்கழக நூல்கள் வெளியிடும் திட்டத்தின்கீழ் வெளியிடப் படுகிறது.

உழைப்பின் வாரா உறுதிகள் இல்லை; ஆதலின், உழைத்து வெற்றி காண்போம். தமிழைப் பயிலும் மாணவர்கள் உலக மாணவர்களிடையே சிறந்த இடம் பெறவேண்டும். அதுவே தமிழன்னையின் குறிக்கோளுமாகும். தமிழ்நாட்டுப் பல்கலைக் கழகங்களின் பல்வகை உதவிகளுக்கும் ஒத்துழைப்புக்கும் நம் மனம்கலந்த நன்றி உரியதாகுக.

இரா. நெடுஞ்செழியன்

பொருளடக்கம்

1. தோற்றுவாய்

உலகில் உள்ள எல்லா உயிர் வாழ்விற்கும் அடிப்படைக் காரணமாக விளங்குவது ஆற்றலே ஆகும். இந்த ஆற்றல் நமக்குக் கதிரவனின் வீசுகதிர்களினால் கிடைக்கிறது. வீசுகதிர்களின் மூலம் நமக்குத் தேவையான உணவு, எரிபொருள், ஆற்றல், திறன் போன்ற அனைத்தும் கிடைக்கின்றன. இவை எல்லாவற்றுக்கும் மேலாக, ஒளி ஆற்றல் நமது பார்வைக்குக் காரணமாகிறது. இதனால்தான் நாம் நமது சுற்றுப்புறத்துடன் தொடர்புகொள்ள முடிகிறது. ஆகவே, ஒளியினைக் கண்டுணர்தலும் அளவிடுதலும் மிக முக்கியமாகிறது. ஒளியினை அளவிட இதுவரை கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ள அமைப்புகளிலெல்லாம், ஒளிமின் அடிப்படையில் அமைந்துள்ள கருவிகளே மிகச் சிறந்தவையாக உள்ளன.

சுருக்கமாகக் கூறவேண்டுமானால், மின்னோட்டத்தில் ஒளி ஏற்படுத்தும் விளைவுகளைப்பற்றியதே ஒளிமின் இயல். ஒளி, பருப்பொருளின்மீது படும்போது, பருப்பொருள் வீசுகதிர் ஆற்றலை உட்கவர்கிறது. இதனால் பருப்பொருள் அடையும் மின்னியல் மாற்றங்களே **ஒளிமின் விளைவு** (Photo electric effect) எனப்படுகிறது. இத்தகைய விளைவின்போது, வீசுகதிர் அணுவிலிருந்து எலெக்ட்ரானைப் பிரித்து அதனால் மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குகிறது.

ஒளி, மின்காந்தத் தத்துவத்தைத் தழுவியது. பருப்பொருள், புரோட்டான் - எலெக்ட்ரான்களால் ஆனது. எனவே, பருப்பொருளின்மீது வீசுகதிர் படுவதால் ஏற்படும் ஒவ்வோர் உள்ளிடை நிகழ்ச்சியும் பருப்பொருளில் ஒரு மாற்றத்தை உண்டாக்குகிறது. இப்படி ஏற்படும் எல்லா மாற்றங்களையும் ஒளிமின் இயலில் விளக்குவது என்பது இயலாத செயல். மின் விளைவுகளில் நேர், எதிர் மின்னேற்றங்கள் உண்மையாகப் பிரிக்

கப்படும்போதுதான் அவற்றை நேரடியாகக் காணமுடியும். எனவே, ஒளிமின்னியலில், நேரடியாகக் காணக்கூடிய மின்மாறுபாடுகளைமட்டும் விளக்குவது இயல்பாக எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது. இதனால் எதிரொளிப்பு, ஒளிமுரிவு, உட்கவர்தல், குறுக்கீடு, ஒருதள முனைவாக்குதல் (reflection, refraction, absorption, interference, polarisation) போன்றவை ஒளிமின்னியலில் விளக்கப்படுவதில்லை.

ஒளிமின் விளைவை ஏற்படுத்தும் ஒளியைக் கண்டுணர்வதற்கோ பகுத்தறிவதற்கோ, அல்லது அளப்பதற்கோ பயன்படும் அமைப்புகள் ஒளிமின் கலங்கள் (photo electric cells) எனப்படுகின்றன. இவை ஒளியின் காரணமாகச் செயல்படுகின்றன. இப்படிப் பார்த்தால், நிழற்படத் தட்டுகள், கண்கள், வெப்பமின் இரட்டைகள் (thermopiles) போன்றவையும் ஒருவகையில் ஒளிமின் கலங்களே. எனினும், ஒளியின் காரணமாக மின்னோட்டத்தை ஏற்படுத்தக்கூடிய அல்லது ஏற்கெனவே உள்ள மின்னோட்டத்தில் மாறுதலை உண்டுபண்ணக்கூடிய அமைப்புகளையே ஒளிமின் கலங்கள் என வழங்குகிறோம்.

ஒளிமின் விளைவை மூன்று பகுதிகளாகப் பிரிக்கலாம். அவை, 1. பரப்பு ஒளிமின் விளைவு, 2. பரும ஒளிமின் விளைவு, 3. அழுத்த ஒளிமின் விளைவு எனப்படுகின்றன.

1. பரப்பு ஒளிமின் விளைவில் (Surface photo electric effect) திட, திரவ, வாயு அல்லது வெற்றிடப் பரப்பில் ஒளியூட்டப்படும்போது எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. இஃது ஒளிமின் வெளிவிடு விளைவு (Photo emissive effect) எனப்படுகிறது.

2. பரும ஒளிமின் விளைவில் (Volume photo electric effect) ஒரு பொருளின் குறிப்பிட்ட பரும அளவு முழுவதிலும் எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. இதனால் ஒளியூட்டப்பட்ட பொருளின் மின்கடத்தும் திறன் மாறுபடுகிறது. இது கடத்தி-ஒளிமின் விளைவு (Photo conductive effect) எனப்படுகிறது. இந்த விளைவு வாயுக்களிலும் காப்பான், குறை கடத்தி போன்றவற்றிலும் நிகழ்கிறது.

3. அழுத்த ஒளிமின் விளைவுகளில் இரண்டு மின்வாய்களில் ஏதாவது ஒன்றோ அல்லது அவற்றிற்கிடையே உள்ள ஊடகமோ ஒளியூட்டப்படும்போது, மின் இயக்கு விசை உண்டாகிறது. இஃது ஒளி வோல்ட்டா விளைவு (Photo voltaic effect) எனப்படுகிறது.

கண்டுபிடித்த வரலாறு

ஒளிமின் விளைவுகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட வரலாற்றைச் சிறிது பார்ப்போம். எட்மண்டு பெக்கெரல் (Edmund Becquerel) என்பவரே முதன்முதலில், ஒளியின் வினையால் மின்னோட்டம் அல்லது மின்னழுத்தம் ஏற்படுகிறது என்பதைக் கண்டவர். கி.பி. 1839ஆம் ஆண்டு அவர் செய்த பரிசோதனையில், ஃபெர்ரிக் குளோரைடு கரைசல் அல்லது ஆல்கஹால் போன்ற மின்பகு பொருளினுள் வைக்கப்பட்ட இரு மின்வாய்களுக் கிடையே மின்னோட்டம் நிகழக்கூடும் எனத் தெரியவந்தது. இப்படிப்பட்ட அமைப்பு, சூரிய ஒளியில் வைக்கப்பட்டபோது ஏற்பட்ட மின்னோட்டத்தைக் கால்வனாமீட்டரால் அளக்க முடிந்தது. இது, இரு மின்வாய்களுக்கும் இடையேயுள்ள வேறுபடு வெப்ப நிலையால் ஏற்பட்ட மின்னோட்டம் அன்று என்றும் காணப்பட்டது. சில்வர் குளோரைடு பூசப்பட்ட பிளாட்டினம் அல்லது தங்க மின்வாய்களையும், நைட்ரிக் அமிலத்தை மின்பகு பொருளாகவும் பயன்படுத்தியபோது இரண்டு மணி நேரத்திற்குத் தொடர்ந்த மின்னோட்டம் கிடைத்தது. இத்தகைய மின்னோட்டம் ஒளி வோல்ட்டா விளைவினால் ஏற்படுகிறது. பெக்கெரலின் கண்டுபிடிப்புகள் நீண்ட காலத்திற்கு அப்படியே இருந்தன. இருபதாம் நூற்றாண்டின் தொடக்க காலம்வரை அத் துறையில் எந்தவித முன்னேற்றமும் ஏற்படவில்லை. ஒளி வோல்ட்டா மின்கலங்களும், தடையடுக்கு மின்கலங்களும் (Barrier-layer cells) செயல் முறையில் பயன்படுத்தத் தொடங்கப்பட்ட பின்னரே, இத் துறையில் மேலும் ஆய்வுகள் மேற்கொள்ளப்பட்டன.

கி.பி. 1873ஆம் ஆண்டு வில்லோபி ஸ்மித் (Willoughby Smith) என்பவர் ஒளியால் மின் கடத்தல் ஏற்படுவதைக் கண்டுபிடித்தார். அவர் 5 செ.மீ. நீளமும் 1 மி.மீ. விட்டமும் கொண்ட செலீனியக் கம்பிகளைக் கண்ணாடிக் குழாயினுள் வைத்து, தந்தித் தொடர்பில் அவற்றை அதிக மின்தடைகளாகப் (1400 மெகா ஓம்) பயன்படுத்தினர். இவற்றின்மீது சூரிய ஒளி பட்டபோது இவற்றின் மின் கடத்தும் திறன் மிகுந்ததை அவர் கண்டார். ஒளி படும்போது இவற்றின் மின்தடை 15-லிருந்து 100 சதவீதம் வரை குறைந்தது. செலீனியக் கம்பிகளைக் குளிர்ச்சிப்படுத்திய போதும், ஒளிபடும்போது மின்தடை குறைந்து, கடத்தும் திறன் மிகுந்ததால், இஃது ஒளிமின் விளைவே என அவர் முடிவு செய்தார்.

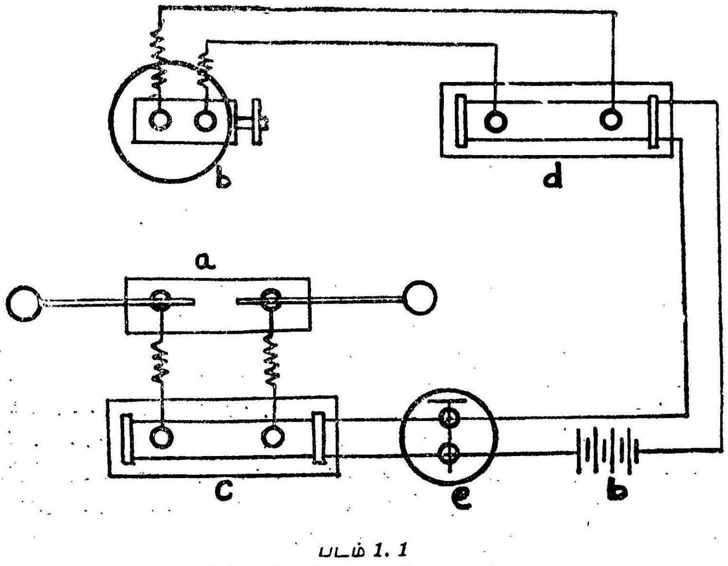
ஸ்மித்தின் கண்டுபிடிப்புக்குப் பிறகு, ஏராளமான ஆய்வாளர்கள் ஒளியால் மற்றப் பொருள்களின் மின் கடத்தும் திறனைப் பற்றி ஆராய்ந்தனர். ஒளி மின்னியலில், செலீனியம் கடத்தி-

ஒளிமின் கலங்கள் முக்கியமான இடம்பெற்றன. இன்று அகச் சிவப்புக் கதிர்களின் ஆய்வுத் துறையில் கடத்தி - ஒளிமின் கலங்கள் மிகுந்த அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஒளிமின் வெளியீட்டு விளைவு

இறுதியாக, கி.பி. 1887ஆம் ஆண்டு ஒளிமின் வெளியீட்டு விளைவு ஹெர்ட்ஸ் (Hertz) என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. மற்ற இரு விளைவுகளையும்விட இதுவே முக்கியமானது. இதனால் தான் ஒளிமின் விளைவுபற்றித் தெளிவாகப் புரிந்துகொள்ள முடிந்தது. ஹெர்ட்ஸ், மின்காந்தத் தத்துவங்களை மெய்ப்பிப்பதற்காகப் பரிசோதனைகள் செய்துகொண்டிருந்தபோது, குவான்டம் கொள்கைக்கு அடிப்படையான இந்த ஒளிமின் விளைவையும் கண்டுபிடித்தார்.

ஹெர்ட்ஸ் தம்முடைய பரிசோதனையில் ஒரு பொறி கடக்கும் இடைவெளியின் நீளத்தை ஒரு துணைச்சுற்றில் (secondary circuit) ஏற்படும் மின் அலைவுகளின் வீச்சின் அளவாக எடுத்துக் கொண்டார். துணைச்சுற்றின் பொறி இடைவெளி (spark gap),



படம் 1. 1
ஒளிமின் வெளியீட்டு விளைவை விளக்க
ஹெர்ட்ஸ் பயன்படுத்திய அமைப்பின் தோற்றம்.

முதன்மைச் சுற்றிலுள்ள பொறியின் ஒளி விழும்படி அமைந்திருந்தால், அதன் இடைவெளி நீளம் மிகுதியாவதை அவர் கண்டார்.

அவர் பயன்படுத்திய அமைப்பு, படம் 1. 1-ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.

b என்ற பேட்டரியும், *e* என்ற குறுக்கீடும், *c*, *d* என்ற ரும்கார்ஃப் சுருள்களின் (Rumkorff coils) முனைகளுடன் தொடர் இணைப்பில் சேர்க்கப்பட்டன. முதல் ரும்கார்ஃப் சுருளுக்குத் துணைச்சுற்றில் *a* என்ற நிலையான இடைவெளி உள்ளது. இரண்டாவது சுருளுக்கு *b* என்ற திருகுகொண்ட மாறுபடு இடைவெளி உள்ளது. *a*-யிலிருந்து வரும் பொறியின் ஒளி *b*-யின் மேல் விழும் போது *b*-யின் நீளம் அதிகரித்தது. *a*-யின் பொறி ஒளியிலிருந்து *b* மறைக்கப்பட்டபோது *b*-யின் நீளம் குறைந்தது. திருகு இடைவெளியை ஒரு மின் கடத்தும் அல்லது மின் கடத்தாப் பெட்டியினுள் வைத்தாலும், அல்லது இரு இடைவெளிகளுக்கும் இடையே கண்ணாடித்தட்டை வைத்து மறைத்தாலும் *b*-யின் நீளம் குறைந்தது. ஆனால், இரு இடைவெளிகளுக்கிடையே உள்ள நேரடிப் பாதை தடுக்கப்பட்டுக் கதிர்வீச்சுப் பிரதிபலிக்கும்படி ஓர் ஆடி வைக்கப்பட்டால், இரண்டாவது இடைவெளி நீளம் அதிகரித்தது. நிலையான இடைவெளியிலிருந்து, மாறுபடு இடைவெளியின் மேல் புற ஊதாக் கதிர்கள் விழுவதுதான் இதற்குக் காரணம் என ஹெர்ட்ஸ் கூறினர். நிலையான இடைவெளியிலிருந்து வரும் ஒளியை, குவார்ட்ஸ் நிறமாலை மானி மூலம் செலுத்தி, புறஊதாக் கதிர் படும்போது மட்டுந்தான் திருகு இடைவெளியின் நீளம் அதிகரிக்கிறது என்பதை அவர் மெய்ப்பித்தார். மேலும் அவர், இடைவெளியிலுள்ள எதிர்மின் முனையின்மீது புற ஊதாக் கதிர் படும்போது இந்த விளைவு இன்னும் மிகுதியாகிறது'எனவும் மெய்ப்பித்தார்.

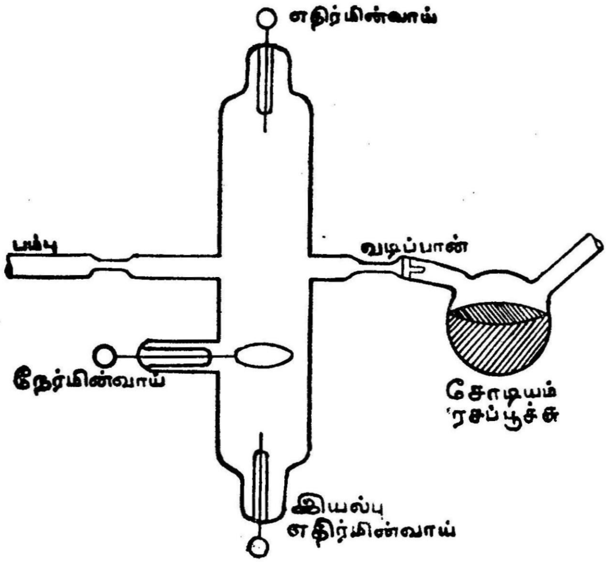
ஹெர்ட்ஸின் கண்டுபிடிப்புகளை வைட்மான் (Wiedmann), எபர்ட் (Ebert) ஆகியோரின் ஆய்வுகள் உறுதிப்படுத்தின. இத்துறையில் ஹால்வாக்ஸ் (Halwachs) என்பவர் மேலும் தீவிரமான ஆய்வுகளை மேற்கொண்டார். இறுதியில், புறஊதாக் கதிர்கள் ஒரு பொருளின்மீது படும்போது எதிர் மின்னேற்றம் வெளிப்பட்டு, நிலைமின் விசைக் கோட்டுப் பாதையில் செல்கிறது எனவும் வரையறுத்துக் கூறினர். இது ஹால்வாக்ஸ் விளைவு (Halwach's effect) எனவும் வழங்கப்படுகிறது.

ரிகி (Righi) என்பவர் ஹால்வாக்ஸின் அமைப்பில் சில மாற்றங்களைச் செய்து, அதிலிருந்து தொடர்ந்த மின்னோட்டத்தைப் பெறலாம் எனக் கண்டார். இத்தகைய அமைப்பையே அவர் முதன் முதலில் 'ஒளிமின் கலம்' என வழங்கினர். ஸ்டோல்டோ (Stoletow) இதிலும் சில முன்னேற்றங்களைச் செய்தார்,

முதல் ஒளிக்குழாய்

பரிசோதனைகள் தொடர்ந்து செய்யப்பட்டு, இறுதியில் சாதாரண ஒளிக்கதிர்களுக்கும், புற ஊதாக் கதிர்களுக்கும் உணர் திறனுள்ள, இக்காலத்திய ஒளிமின் கலங்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்டன. இத்தகைய முன்னேற்றத்திற்கு ஜூலியஸ் எல்ஸ்டர் (Julius Elster), ஹான்ஸ் கெய்ட்டல் (Hans Geitel) ஆகிய இருவரும் செய்த ஆராய்ச்சிகளே காரணமாகும். கி.பி. 1889–ல் அவர்கள் வெளியிட்ட ஆராய்ச்சிக்கட்டுரைகளால் ஒளிமின் விளைவு ஆய்வுத் துறையில் அவர்களுக்குச் சிறப்பான இடம் கிடைத்தது.

எல்ஸ்டர், கெய்ட்டல் ஆகியோர் முதன்முதலில், பாதரசத்துடன் சேர்ந்த பொட்டாசியம், சோடியம், துத்தநாகம், அலுமினியம் போன்ற உலோகங்களின் இரசக் கலவை சாதாரண ஒளிக்கும், புற ஊதாக் கதிர்களுக்கும் மிக்க உணர்திறன் உடையவை என்றும், ஈயம், தாமிரம், இரும்பு ஆகியவற்றின்



படம் 1. 2
எல்ஸ்டரும் கெய்ட்டலும் உருவாக்கிய
முதல் ஒளிக்குழாய்.

இரசக்கலவை உணர்திறன் அற்றவை என்றும் காண்பித்தனர். வளிமண்டல அழுத்தமுள்ள காற்றில், காப்பிடப்பட்ட ஒரு துத்த

நாகத் தகடு ஒளியில் வைக்கப்பட்டால் +2·5 வோல்ட் மின்னழுத்தத்தைப் பெறுகிறது. இதனால், ஒளி படுவதால் துத்த நாகத் தகட்டிலிருந்து மின் துகள்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன என்பது முதன்முதலில் காணப்பட்டது. கி.பி. 1890-ல் எல்ஸ்டரும் கெய்ட்டலும் இப்போதைய ஒளிமின் கலங்களின் முதல் தோற்றத்தை உருவாக்கினர். இதனைப் படம் 1. 2-ல் காணலாம்.

ஒரு கண்ணாடிக் குமிழில் சோடியம் இரசக்கலவை எடுக்கப்பட்டு, இந்தக் குமிழ் ஒரு காற்றுப் பம்புடன் இணைக்கப்பட்டுக் காற்று வெளியேற்றப்பட்டது. சோடியத்திலிருந்து வெளிப்படும் எதிர்மின் துகள்களைச் சேகரிக்க ஒரு துணை மின்வாய் பொருத்தப்பட்டது. இத்தகைய ஒளிமின் கலத்தின்மீது ஒளி விழுந்த போது, ஒரு மின்னோட்டம் நிகழ்ந்தது. கி.பி. 1892ஆம் ஆண்டு இதன் பண்படுத்தப்பட்ட ஓர் அமைப்பினால் அவர்கள் கதிரவனின் கதிர்வீச்சிலுள்ள புற ஊதாச் செறிவை அளந்தார்கள். அதே ஆண்டில் 0·33 மி.மீ. அழுத்தமுள்ள ஹைட்ரஜன் வாயுவினுள் ஓர் உலோகத்தை வைத்து, வாயு அடைக்கப்பட்ட முதல் ஒளிக் குழாயை (gas filled photo tube) உருவாக்கினார்கள். 0·33 மி.மீ. அழுத்தத்தில்தான் மிகுந்த கடத்தும் திறன் இருந்தது.

இத்தகைய ஒளிமின் கலங்களில் நிகழும் மின்னோட்டம், கலங்களின்மேல் விழும் ஒளிச்செறிவுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளன என்பதையும் அவர்கள் கண்டுபிடித்தார்கள். இன்னொரு முக்கியமான முடிவையும் அவர்கள் கி.பி. 1894ஆம் ஆண்டு கண்டுபிடித்தார்கள்; சோடியம்-பொட்டாசியம் கலவையின் பரப்பின் மீது சாய்வு கோணத்தில் விழும் தளவிளைவடைந்த ஒளியினால் ஏற்படும் ஒளிமின்னோட்டம் தளவிளைவுத் தளம் சுழற்றப்படும்போது தெளிவான மாறுபாடு அடைகிறது என்பதையும் கண்டு பிடித்தார்கள்.

கி.பி. 1899ஆம் ஆண்டு லெனார்டு (Lenard), ஜே. ஜே. தாம்சன் (J. J. Thomson) ஆகியோர் தனித்தனியாக வெளியிட்ட ஆராய்ச்சிக் கட்டுரைகள் ஒளிமின் இயலில் மிகச் சிறப்பிடம் வாய்ந்தவை. உலோகப் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் மின் துகள்கள், கெய்சர் குழாயிலிருந்து (Geiser tube) வெளிப்படும் எதிர்மின் கதிர்களை எல்லாப் பண்புகளிலும் ஒத்திருந்தன. லெனார்டு இந்த ஒளிமின் துகள்களின் e/m மதிப்பைப் பரிசோதனை மூலம் கணக்கிட்டார். இதே மதிப்பை மெரிட் (Merrit), ஸ்டீவார்டு (Steward) ஆகிய இருவரும் சேர்ந்து கி.பி. 1900ஆம் ஆண்டும், ஆல்பர்டி என்பவர் தனியாகக் கி.பி. 1912ஆம் ஆண்டும்

கண்டுபிடித்தனர். இவர்களுடைய பரிசோதனைகளின்படி இந்த ஒளிமின் துகள்களின்

$$e/m = 1{\cdot}76 \times 10^{11} \text{ கூலும்/கி.கி.}$$
$$e = 1{\cdot}60 \times 10^{-19} \text{ கூலும்}$$
$$m = 9{\cdot}11 \times 10^{-31} \text{ கிலோகிராம்}$$

எனக் கணக்கிடப்பட்டது. ஆகவே, இந்த ஒளிமின் துகள்கள் எலெக்ட்ரான்களே என ஐயமின்றி மெய்ப்பிக்கப்பட்டது.

ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடு

ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றல் அவற்றை உண்டாக்கும் ஒளியின் செறிவைப் பொறுத்ததன்று என்றும், உண்டாக்கப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒளிச் செறிவுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது என்றும் லெனார்டு கண்டுபிடித்தார். இந்த முடிவு அலைக்கொள்கைப்படி விளக்கப்பட முடியாதது. ஆகவே, கி.பி. 1905-ல் ஐன்ஸ்டீன் இதற்கு வேறு வகையில் விளக்கம் கொடுத்தார். ஒளிமின் விளைவைப் பொறுத்தமட்டில் அவர் ஒளியைச் சிறு குவான்டங்களின் (Quantum) கூட்டு என்றும். இந்தக் குவான்டம் ஒவ்வொன்றும் $h\nu$ ஆற்றல் பெற்றது என்றும், ஒளி உலோகங்களின்மீது விழும்போது குவான்டங்கள் அப்படியே உட்கவரப்பட்டு, அவற்றின் ஆற்றல் மாறுபடாமல் எலெக்ட்ரான்களுக்குக் கொடுக்கப்பட்டு ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன என்றும் எடுத்துக்கொண்டார். எனவே, வெளிப்படும் எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் (E), குவான்டத்தின் ஆற்றலில் $(h\nu)$, உலோகப் பரப்பிலிருந்து விடுபட எலெக்ட்ரான் செலவிடும் ஆற்றலின் (ρ) மீதம் என அவர் கணக்கிட்டார். அதாவது,

$$E = \tfrac{1}{2}mv^2$$
$$= h\nu - \rho$$

இந்தச் சமன்பாட்டைக் கண்டுபிடித்ததற்காக ஐன்ஸ்டீனுக்கு நோபல் பரிசு வழங்கப்பட்டது. இந்த விதி மிக அதிகமான அலைவுகளுள்ள காமாக் கதிர்களிலிருந்து மிகக் குறைந்த அலைவுகளுள்ள அகச் சிவப்புக் கதிர்கள்வரை பொருந்துகிறது. பல பரிசோதனைகள் மூலம் இது மெய்ப்பிக்கப்பட்டிருக்கிறது.

2. வீசுகதிர் ஆற்றல்

இந்தப் பகுதியில் ஒளிமின் விளைவு ஏற்படும் விதத்தைத் தெளிவாகப் பார்க்கலாம். ஒளிமின் விளைவுகளைப்பற்றிப் புரிந்து கொள்வதற்கு, வீசுகதிர், அவற்றின் மூலம் ஆகியவற்றின் தனிச் சிறப்புப் பண்புகளைப்பற்றித் தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். விண் வெளியில் பரப்பப்படும் மின்காந்த அலைகளின் ஆற்றலே வீசுகதிர் ஆற்றல் (radiant energy) எனப்படுகிறது. இந்த அலைகளின் அதிர்வெண் பூச்சியத்திலிருந்து அதைவிட அதிகமான எந்த அள வாகவும் இருக்க முடியும். எந்த வீசுகதிரும் அதன் வீச்சு எல்லை யினுல் ஒரு பருப்பொருளின்மேல் பட்டு உண்டாக்கும் பிரதி பலித்தல், ஊடுருவல், உட்கவர்தல் போன்ற விளைவுகளால் அதன் சிறப்புப் பண்புகள் அறியப்படுகின்றன.

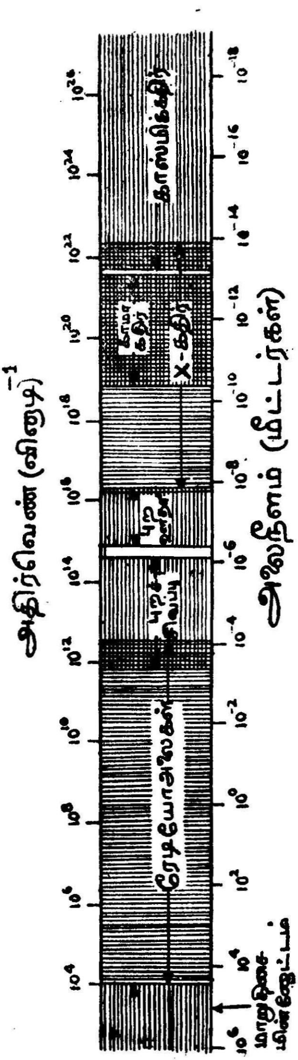
வீசுகதிர் ஆற்றலின் நிறமாலை

வெவ்வேறு மூலங்களிலிருந்து வெளிப்படும் வீசுகதிர்களை வெவ்வேறு முறைகளில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட, அதிர்வெண் இடை வெளி பகுப்பு முறையைப் படம் 2.1 காட்டுகிறது. படத்தி லிருந்து எல்லா வகையான வீசுகதிர் ஆற்றலும் அவற்றின் அதிர் வெண் அல்லது அலைநீளம் ஆகியவற்ருல்தான் மாறுபாடு அடை கிறது எனத் தெளிவாகத் தெரிகிறது. ஆகவே, அடுத்தடுத்த அதிர்வு இடைவெளிகள் அவற்றைவிடச் சிறிய அல்லது பெரிய அளவுகளுடன் மேற்பொருந்தியுள்ளன. ஒரு வீசுகதிரின் அதிர் வெண் ν எனவும், அதன் அலைநீளம் λ எனவும், ஒளியின் திசை வேகம் c எனவும் கொள்ளப்பட்டால் இவற்றின் தொடர்பு,

$$\nu = c/\lambda$$

என்ற சமன்பாட்டால் குறிப்பிடப்படுகிறது. இதில் ஒளியின் திசைவேகம் விநாடிக்கு 3×10^8 மீட்டர் ஆகும்.

படத்திலிருந்து நமது கண்ணுல் பார்க்கக்கூடிய ஒளியைக் கொடுக்கும் அதிர்வெண் எண்மம் (octave of frequencies) ஆற்றல் முழு எல்லையில் மிகமிகச் சிறிய பகுதிதான் என்பது தெரியவரு



படம் 2.1

மின்காந்தக் கதிர்வீச்சின் நிறமாலை.

கிறது. 4000 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு (A.U.) அலைநீளம் அல்லது செகண்டிற்கு $7{\cdot}5 \times 10^{14}$ அதிர்வெண்ணுள்ள வீசுகதிர் நமது கண் விழித் திரையில் ஊதா நிறத்தை உண்டாக்குகிறது. இந்த அதிர் வெண்ணில் பாதியோ அல்லது இந்த அலைநீளத்தில் இரு மடங்கோ உள்ள வீசுகதிர் நமது விழித்திரையில் சிவப்பு நிற உணர்வை உண்டாக்குகிறது.

ஊதாவிற்கு அப்பாலுள்ள வீசுகதிர் புற ஊதாவாகும். நமது கண்ணுக்கு 3800 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகுக்குக் குறைவான ஒளிக் கதிர்கள் புலப்படுவதில்லை. புற ஊதாவில் குறைந்த அளவு 136 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகுகள் உள்ள வீசுகதிர்களை மில்லிகனும் போவனும் (Millikan and Bowen) வெற்றிடப் பொறி நிறமாலை வரைவியினால் (vacuum spark spectrograph) கண்டுபிடித்தார்கள். வீசுகதிர் நிறமாலையில் புற ஊதா ஐந்து எண்மங்களின் இடத்தைப் பெற்றுள்ளது.

ஆஸ்குட் (Osgood) என்பவர் 167 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகுகள் கொண்ட அதிக அலைநீளமுள்ள எக்ஸ் - கதிர்களைக் கண்டு பிடித்துப் பதிவு செய்தார். கனமான தனிமமான யுரேனியத்தி லிருந்து பெறப்படும் சிறப்பு எக்ஸ் - கதிர்களின் (characteristic X-rays) மிகக் குறைந்த அலைநீளம் 0·108 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு என டெஸ்ஸாயர், பேக் (Dassauer and Back) ஆகியோர் கண்டு பிடித்தனர்.

மிக அதிகமான திசைவேகமுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் எந்த ஒரு மாற்று - எதிர்மின்வாயைத் தாக்கும்போதும் உண்டாகும் எக்ஸ் - கதிர்கள் தொடர் நிறமாலையைக் கொடுக்கின்றன. ட்யூவென், ஹன்ட் (Duane and Hunt) என்ற இரு அறிவியலறிஞர்

$$V{\cdot}\lambda = 12{\cdot}35^{7}$$

என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி V கிலோவோல்ட் மின் னழுத்த வீழ்ச்சியுள்ள மின்புலத்தில் எலெக்ட்ரான் தாக்கு தலினால் உண்டாகும் வீசுகதிர்களின் அலைநீளமான λவைத் துல்லியமாகக் கணக்கிடமுடியும் எனக் கண்டுபிடித்தனர். இப்போது புழக்கத்தில் இருக்கும் 2,000 கிலோ வோல்ட்டில் செயல்படும் எக்ஸ் - கதிர் குழாய்கள் 0·0062 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு வீசுகதிர்களை உண்டாக்குகின்றன. 100 மில்லியன் வோல்ட்டில் செயல்படும் பீடாட்ரான் (Betatron) 0·00012 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு அலைநீளமுள்ள எக்ஸ் - கதிர்களை உண்டாக்குகிறது. ஆகவே, எக்ஸ் - கதிர்களின் அலைநீளம் 167-லிருந்து 0·00012 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகுவரை உள்ளது.

இயற்கையாக அல்லது செயற்கையாகக் கதிரியக்கம் பெற்றுள்ள பொருள்களிலிருந்து வெளிப்படும் காமாக் கதிர்களின் அலைநீளங்கள் இந்த எல்லையில்தான் இருக்கின்றன. கதிரியக்கச் சிதைவு (radio active disintegration) அட்டவணையிலிருந்து காமாக் கதிர்களின் அலைநீளம் 0·0007-லிருந்து 0·39 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகுகளுக்குள் இருப்பதாகத் தெரியவருகிறது.

எக்ஸ் - கதிர், காமாக் கதிர் ஆகியவற்றின் அலைநீளங்களை விடக் குறைவான அலைநீளமுள்ள மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு விண்வெளியிலிருந்து பூமியை நோக்கி வருகின்றன. இவை காஸ்மிக் கதிர்களின் தொடர்புள்ளவை. பூமியின்மேல் விழும் காஸ்மிக் கதிர்களில் 10,000 மில்லியன் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் ஆற்றலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் இருந்தால், அவை வளிமண்டலத்திலுள்ள பருப்பொருள்களுடன் உள்ளிடை நிகழ்ச்சி பெறும்போது 10^{-6} ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகு அலைநீளம் உள்ள மின்காந்தக் கதிர்வீச்சு ஏற்படலாம். இப்போதைய கணக்குப்படி முதன்மைக் காஸ்மிக் துகளுக்கு 10^{17} எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அளவு ஆற்றல் உள்ளது. ஆகவே, மிக அதிகமான அதிர்வெண் உள்ள மின்காந்தக் கதிர் வீச்சுக்குக் காஸ்மிக் கதிர்களே மூலமாக இருக்கின்றன.

நிறமாலையில் கட்புலனாகும் ஒளிப் பகுதியின் மறுபுறத்தில் அடுத்துள்ளது அகச்சிவப்புப் பகுதியாகும். நமது கண்களுக்கு 7600 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகுகளுக்கு மிகுதியாக அலைநீளமுள்ள மின் காந்தக் கதிர்வீச்சுகள் புலப்படுவதில்லை. கி.பி.1911-ல் ரூபென்ஸ், வான் பேயர் (Rubens and Von Bayer) ஆகியோர் அகச்சிவப்பின் மிகுதியான அலைநீளம் $3{\cdot}2\times10^{-4}$ மீட்டர் எனக் கணக்கிட்டனர். ஆனால், அதன் பிறகு நிக்கல்ஸ், டேர் (Nichols and Tear) ஆகியோர் $4{\cdot}2\times10^{-4}$ மீட்டர் எனக் கணக்கிட்டனர். பின்கூறிய இருவரும், அகச்சிவப்பினைவிடக் குறைவான அலைநீளமான $2{\cdot}2\times10^{-4}$ மீட்டர் அலைநீளமுள்ள ரேடியோ அலைகளை உண்டாக்கினர். அர்க்காடீவா (Arkadiewa) என்பவர் இதனையும் விடக் குறைவான $8{\cdot}25\times10^{-5}$ மீட்டர் அலைநீளமுள்ள ரேடியோ அலைகளை உண்டாக்கினார்.

ஆகவே, வீசுகதிர் அலைகளின் அலைநீளத்திற்கு ஒரு குறிப்பிட்ட வரையறை இல்லை என்பது தெரிகிறது.

வீசுகதிர் ஆற்றலின் மூலங்கள்

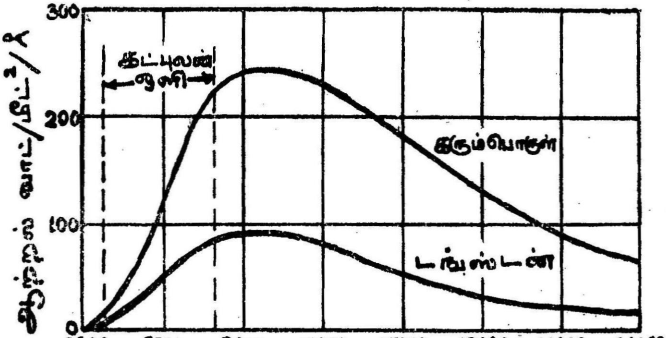
எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றும் வீசுகதிர்களின் அதிர்வெண் அண்மையிலுள்ள அகச்சிவப்பிற்கும் மிகுதியானதாகும். அதேபோல ஒளிக்குழாய்களில், அண்மையிலுள்ள புறஊதாக்

கதிர்களின் அதிர்வெண்ணுக்கும் மிகுதியான அதிர்வெண்ணுள்ள வீசுகதிர்கள் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. ஆகவே, ஒளிக்குழாய்களில் பயன்படுத்தப்படும் வீசுகதிர் நிறமாலையில் அகச்சிவப்பு, கட்புலனாகும் ஒளி, புறஊதா ஆகிய மூன்று பகுதிகளே இருக்கின்றன. இவற்றிற்கான மூலங்களை வெப்ப வீசுகதிர் மூலங்கள், கிளர்ச்சியூட்டப்பட்ட வாயு அல்லது ஆவி மூலங்கள், நின்றொளிர் மூலங்கள் என மூவகையாகப் பிரிக்கலாம்.

வெப்ப வீசுகதிர் மூலங்கள்

நாம் காணும் ஒளி மூலங்களுள் பல வெப்ப வீசுகதிர் மூலங்களே. கதிரவனும் இத்தகைய ஒளி மூலம்தான். பருப்பொருள் உயர்ந்த வெப்பநிலையை அடையும்போது சுடர்விட்டுப் பிரகாசித்து ஒளியை வெளிவிடுகிறது. நெருப்பில் கரித்துண்டுகளைப் போடும்போது, அவை வேதியியல் வினைகளின் காரணமாகத் தேவையான ஆற்றலைப் பெற்று, வெப்ப வீசுகதிர் மூலங்களாக மாறுகின்றன. டங்ஸ்டன் மின்னிழை போன்ற மிகுந்த தடையுள்ள பொருள்களில் மின்னோட்டத்தைச் செலுத்தியும் தேவையான ஆற்றலைக் கொடுக்கலாம். இந்த அடிப்படையில் தான் வெண்சுடர் விளக்குகள் அமைந்துள்ளன.

எந்தப் பொருளை எடுத்துக்கொண்டாலும் அதன் உட்கவர்தல் (absorption) முழுக் கரும்பொருளின் (perfectly black body)



படம் 2. 2

2870°K வெப்பநிலையிலுள்ள முழுக் கரும்பொருள், டங்ஸ்டன் ஆகியவற்றின் வெளிவிடு தன்மையை ஒப்பிட்டுக் காட்டும் படம்.

உட்கவர்தலைவிடக் குறைவானது. அதுபோலவே அதன் வெளிவிடுதலும் (emission) கரும்பொருளின் வெளிவிடுதலைவிடக் குறை

வானது. படம் 2.2, 2870°K வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு டங்ஸ்டன் பரப்பின் வெளிவிடுதலை அதே வெப்ப நிலையிலுள்ள ஒரு முழுக் கரும்பொருளின் வெளிவிடுதலுடன் ஒப்பிடுகிறது. படத்தில் டங்ஸ்டனின் பொலிவு, கரும்பொருளின் பொலிவைவிட எந்த நிலையிலும் குறைவானது என்று தெரிகிறது. ஒரு வெப்ப வீசு கதிர் மூலம் எந்த நிறத்திலிருக்கிறதோ, அதே நிறத்தை ஒரு முழுக் கரும்பொருளுக்குக் கொடுக்கக்கூடிய வெப்ப நிலைக்கு அந்த மூலத்தின் நிறவெப்பநிலை (colour temperature) என்பது பெயர். முன்பிருந்த மின்னிழை விளக்குகளுக்கும், வெண்சுடர் விளக்குகளுக்கும் குறைவான நிற வெப்பநிலைகள் இருந்தன. எனவே, அவற்றின் ஒளி வெளியீட்டுத் திறனும் குறைவாகவே இருந்தது.

கரி வில்விளக்கின் நேர்மின்வாய்க் குழியில் மிகுந்த நிறவெப்ப நிலையும், மிகுந்த பொலிவும் உண்டாகின்றன. இதே தன்மை யுள்ள ஒளிமூலம் வெஸ்டன் யூனியனின் வலுப்படுத்தப்பட்ட வில் விளக்காகும். இதில் நேர்மின்வாயும், சிர்க்கோனியம்-ஆக்சைடு (zirconium-oxide) எதிர்மின்வாயும் ஒரு கண்ணாடிக் குமிழில் வைக்கப்பட்டுள்ளன. குமிழில், வளிமண்டல அழுத்தத்தி லுள்ள ஆர்கான் (argon) வாயு நிரப்பப்பட்டுள்ளது. இந்த அமைப்பில் 0·003 அங்குல விட்டமுள்ள ஒரு புள்ளியிலிருந்து மிகப் பொலிவான வெண்மை ஒளி வெளிப்படுகிறது. உருகிய சிர்க்கோனியம் 10,000 A.U. அளவுள்ள அகச்சிவப்புக் கதிர்களை வெளிவிடுகிறது. மேலும் சிர்க்கோனியம் ஆவியிலிருந்து 5000 A.U.-க்கும் குறைவான அலைநீளமுள்ள புறஊதாக் கதிர்களும், கட்புலனாகும் ஒளிக் கதிர்களும் வெளிப்படுகின்றன.

வாயு மூலங்கள்

ஒரு வாயுவின் மூலக்கூறுகள், மிக அதிக திசைவேகத்துடன் செல்லும் எலெக்ட்ரான் அல்லது அயனி போன்ற துகள்களுடன் மோதும்போது அவை கிளர்ச்சியடையலாம். அல்லது அயனி யாக்கம் ஏற்படலாம். அப்போது அவற்றின்மேல் மோதும் துகள் களின் இயக்க ஆற்றலில் ஒரு பகுதியைத் தம் நிலையாற்ற லாக அதிகப்படுத்திக்கொள்வதால் அவற்றின் எலெக்ட்ரான் அமைப்பு மாற்றமடைகிறது. இந்த மூலக்கூறுகளின் எலெக்ட் ரான்கள் மறுபடியும் தம் நிலைக்குச் சென்று, அணு தனது தொடக்கநிலைக்குப் போகும்போது இந்த ஆற்றல் வெளியேற்றப் படுகிறது. இப்படி வெளிப்படும் வீசுகதிர் ஆற்றலின் அதிர் வெண், வாயுப் பொருளின் தனித்தன்மையைப் பொறுத்தது.

மிக முக்கியமான வாயு மூலங்கள் நியான், பாதரச, சோடியச் சுடர் விளக்குகள் ஆகும். அகச்சிவப்புக் கதிர்களைப் பெறச் சீசியம் (cesium) சுடர்விளக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. கண்ணாடி, குவார்ட்ஸ் ஆகியவற்றால் ஆன குழாயினுள் நியான், ஆர்கான் வாயுக்களை மிகச் சிறிய அளவுக்கு நிரப்பி, அதிலிருந்து 5770, 5790 A.U. மஞ்சளும், 4358 A.U. நீலமும், 2537 A.U. புற ஊதாக் கதிர்களும் வெளிப்படச் செய்யலாம். அதிகப் பொலிவுள்ள ஒளி பெற அதிக அழுத்தப் பாதரசச் சுடர் விளக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதில் கெட்டியான கண்ணாடி அல்லது குவார்ட்சால் ஆன குமிழினுள் ஆக்சைடு பூசப்பட்ட மின்வாய்கள் பொருத்தப் பட்டுள்ளன. இதில் ஆவி வெப்பநிலை சில ஆயிரம் டிகிரி வரையிலும் இருக்கும். சோடியம் சுடர் விளக்கிலிருந்து 5890, 5896 A.U. அளவுள்ள கட்புலனாகும் மஞ்சள் ஒளி வெளிப்படுகிறது.

ஒளிர் மூலங்கள்

சில திடப் பொருள்கள், அவற்றின் வெப்ப நிலையை உயர்த்தாமல் கிளர்ச்சியூட்டப்பட்டால், ஒளியை வெளிவிடுகின்றன. அப்படிப்பட்ட பொருள்கள் ஒளிர் (luminescent) பொருள்கள் எனப்படுகின்றன. கிளர்ச்சியூட்டும் பொருள்களில் மிக முக்கியமானவை விரைவாகச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களும், புற ஊதாக் கதிர்களுமே ஆகும். இவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் வீசுகதிர், அப் பொருளின் இரசாயன அமைப்பைப் பொறுத்தது. சுடர் விளக்கின் உட்புறச் சுவரில் அப் பொருள்களின் உப்பைப் பூசுவதால், விளக்கிலிருந்து வரும் புறஊதாக் கதிர்கள் இவற்றைத் தாக்கி ஒளியை உண்டாக்குகின்றன.

3. அடிப்படை விதிகள்

சென்ற பிரிவில் வீசுகதிருக்குள்ள வெவ்வேறு அதிர் வெண்களைப்பற்றிப் பார்த்தோம். வீசுகதிர் ஆற்றலினால் ஒளி மின் விளைவு எவ்வாறு உண்டாகிறது என்றும் அவை எந்த விதிகளின்படி நடைபெறுகின்றன என்றும் இந்தப் பிரிவில் பார்க்கலாம்.

ஒரு பொருளின்மேல் வீசுகதிர் படுவதால் உண்டாகும் மின் விளைவு ஒருபுறம் ஒளிச்செறிவு, அதிர்வெண், தளவிளைவுநிலை ஆகியவற்றைப் பொறுத்ததாகவும், மறுபுறம் இதனால் வெளி யேற்றப்படும் ஒளிமின் துகள்களின் எண்ணிக்கை, வெளியேற்றப் படும் திசை, வெளியேற்றப்படும் திசைவேகம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்ததாகவும் உள்ளது. ஆகவே, இந்த இரண்டு வகை மாறு படும் பண்புகளைச் சார்ந்த விதிகள் காணப்பட்டன. வெளி யேற்றப்படும் ஒளிமின் துகள், அவற்றை வெளியேற்றும் ஒளி ஆகியவற்றின் தனித் தன்மைகளை விளக்கும் தொடர்புகளில் மூன்று மட்டும் மிகச் சிறப்பு வாய்ந்தவை. அவையாவன :

1. ஏற்படும் ஒளிமின்னோட்டம் அதை உண்டாக்கும் ஒளியின் செறிவுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது.
2. வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் அவற்றை வெளிப்படுத்தும் ஒளியின் அதிர்வெண்ணுக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது.
3. இந்த எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் அவற்றை வெளிப் படுத்தும் ஒளியின் செறிவைப் பொறுத்ததன்று.

இந்த மூன்றில் கடைசி இரண்டு முடிவுகளையும் அலைக் கொள்கைப்படி (wave theory) விளக்க முடியவில்லை. அவற்றைக் குவான்டம் கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்க முடிந்தது. முதல் பிரிவில் கூறியுள்ளபடி ஒளியை, ஒவ்வொன்றும்

$h\nu$ அளவு ஆற்றல் கொண்ட பல துகள்களின் பொழிவு (shower) எனக் கொண்டு, ஒவ்வொரு துகள் அல்லது குவான்டமும் ஓர் எலெக்ட்ரானை வெளியேற்றுவதால், வெளிப்படும் ஒளி மின்னோட்டம் ஒளிச் செறிவுக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது. ஆகவே, ஐன்ஸ்டீன் ஒவ்வொரு குவான்டத்தின் ஆற்றலான $h\nu$, வீசுகதிர் ஆற்றலாக மறைந்து, மறுபடியும் வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரானின் ஆற்றலாகத் தோன்றுகிறது எனக் கூறினார். எலெக்ட்ரானை உலோகத்துடன் இணைத்து வைக்கும் ஆற்றலை எதிர்த்து, எலெக்ட்ரான் செய்யும் வேலை (அல்லது செலவிடும் ஆற்றலை) p எனவும், எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றலை $\frac{1}{2}mv^2$ எனவும் வைத்துக்கொண்டு,

$$\tfrac{1}{2}mv^2 = h\nu - p \quad \ldots \quad (1)$$

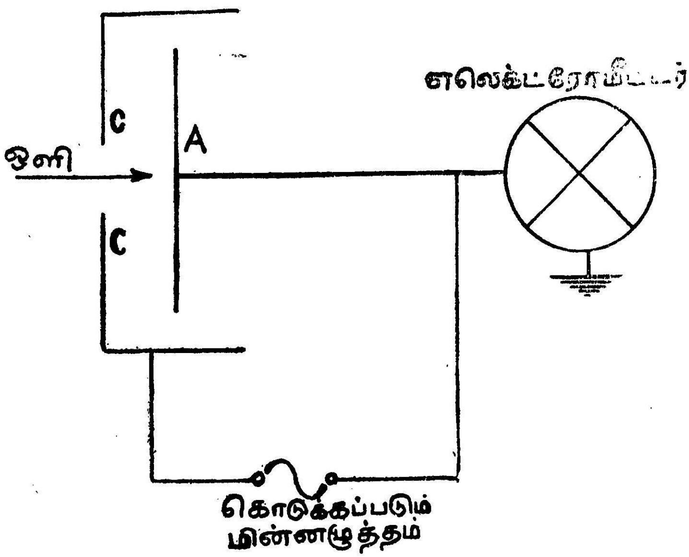
என்ற சமன்பாட்டினை அவர் உருவாக்கினார். இதுவே "ஐன்ஸ்டீனின் ஒளிமின் சமன்பாடு" எனப்படுகிறது.

ஒளியின் அதிர்வெண்ணும் வெளிப்படும் ஆற்றலும்

ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டைச் சரிபார்க்க, உலோகத்தின் மேல் படும் ஒற்றைநிற ஒளியினால் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரானின் ஆற்றலை அளவிடுவதும், படும் ஒளியின் அதிர்வெண்ணை மாற்றும்போது இந்த ஆற்றல் எவ்வாறு மாறுபடுகிறது என்று கணக்கிடுவதும் இன்றியமையாதது. ஓர் உலோகத்தின்மேல் ஒளி படும்போது உலோகத்தின் மிக மெல்லிய அடுக்கினால் அது உட்கவரப்படுகிறது. அதனால் அந்த அடுக்கினுள் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் உலோகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து வெவ்வேறு தொலைவுகளில் இருப்பதால், அவை வெளியேறுவதற்கு முன் வெவ்வேறு தொலைவுகளைக் கடக்க வேண்டியுள்ளது. ஆகவே, தொடக்கத்தில் எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் ஒரே அளவு ஆற்றலுடன் விடுபட்டாலும், இறுதியில் மேற்பரப்பிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் பெரும அளவு ஆற்றலுடனும், அதற்குக் கீழேயுள்ள அடுக்கிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் அதிலிருந்து குறைந்து பூச்சியம் வரை குறைந்த அளவு ஆற்றலுடனும் விடுபடுகின்றன. ஆகவே, பெரும அளவு ஆற்றல் பெற்றுள்ள எலெக்ட்ரான்களை வைத்துக்கொண்டுதான் ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாட்டைச் சரிபார்க்க வேண்டும்.

எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகத்தை அவை காந்தப் புலத்தினுள் செல்லும்போது பெறும் விலக்கத்தின் அளவைக்கொண்டு கண்டுபிடிக்கலாம். அல்லது அவை வெவ்வேறு வேகங்குறைப்பு மின்புலங்களினுள் செலுத்தப்படும்போது அடையும் நிலைகளைக் கண்டுபிடித்தும் திசைவேகத்தைக் கணக்கிடமுடியும். இவற்றில்

இரண்டாவதாகச் சொல்லப்பட்டதுதான் நடைமுறையில் மிகுதி மாகக் கையாளப்படுகிறது. வெவ்வேறு அறிவியலறிஞர்கள் வெவ் வேறு அமைப்புகளைக் கையாண்டிருந்தாலும் அவை எல்லா வற்றின் தத்துவங்களும் பொதுவாக ஒன்றுதான். அத்தகைய பொதுவான அமைப்பு, படம் 3. 1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 3. 1
ஒளிமின் பரிசோதனைகளின் வடிவமைப்பு.

படத்தில் *A* என்பது எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றும் பரப்பு. இப் பரப்பில் அதிர்வெண் ν கொண்டுள்ள ஒற்றைநிற ஒளி படுகிறது. C என்பது எதிர்மின்வாய். *A*, Cக்கு இடையே வேகங்குறைப்பு மின்புலம் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. C-யின் அமைப்பு *A*-ஐச்சுற்றி உள்ளது. *A*-ஐ ஒளி அடைவதற்கு C-யில் தொளையிடப் பட்டுள்ளது. ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் வேகம் மற்றக் காற்றுத் துகள்களின்மேல் ஏற்படும் மோதலினால் குறைவுபடாமல் இருப்ப தற்காக *C*, *A*-க்கு இடையிலுள்ள இடம் வெற்றிடமாக்கப் பட்டுள்ளது.

குறைந்த அலைநீளம் கொண்ட ஒளி A-யின்மீது விழும்போது, பெரும அளவிலிருந்து பூச்சியம் வரை திசைவேகம் கொண்ட பல படித்தான எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இப்போது *C*, *A*-க்கு இடையில் சரியான வேகங்குறைப்பு மின்னழுத்தம்

(retarding potential) V வோல்ட் ஏற்படுத்தப்பட்டால் மாறுநிலை திசை வேகத்தை (critical velocity) விடக் குறைவான திசை வேகம்கொண்ட எலெக்ட்ரான்கள் C-ஐ அடைவதில்லை. இப்போது மாறுநிலை திசைவேகத்தைவிட மிகுந்த திசைவேகம் கொண்ட எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் C-ஐ அடைவதாக வைத்துக் கொள்வோம். C, A இரண்டும் முழுதொத்த விதமாகச் செய்யப் படாவிட்டால் C, A-க்கு இடையில் உண்டாகும் தொடர்பு வேறுபாட்டு மின்னழுத்தமான (contact difference of potential) K என்ற அளவு V யுடன் கூட்டப்படவேண்டும். ஆகவே, உண்மையான வேகங்குறைப்பு மின்னழுத்தம் $(V+K)$ வோல்ட் ஆகும். ஓர் ஒளி எலெக்ட்ரான் A-யிலிருந்து A-யின் பரப்புக்கு நேர்க் குத்துத் திசையில் $\frac{1}{2}mv^2$ என்ற இயக்க ஆற்றலுடன் செல்லும் போது அதன் முழு இயக்க ஆற்றலும் வேகங்குறைப்பு ஆற்றலை ஈடுகட்டச் செலவிடப்பட்டால்,

$$\frac{1}{2}mv^2 = (V+K)\,e = V'e \quad \ldots \quad \ldots \qquad (2)$$

இங்கு V என்பதை நிறுத்தும் மின்னழுத்தம் (stopping potential) என்றும் கூறுவார்கள். ν-ஐ விடக் குறைவான திசைவேகங் கொண்ட எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் A-க்குத் திருப்பி அனுப்பப் படுகின்றன. ν-ஐ விட மிகுதியான திசைவேகங் கொண்ட எல்லா எலெக்ட்ரான்களும் C-ஐ அடையும். ஆகவே, எலெக்ட்ரா மீட்டர் காட்டும் மின்னோட்டம் மாறுநிலை திசைவேகத்தைவிட மிகுந்த திசைவேகங் கொண்ட எலெக்ட்ரான்களால் ஏற்படுவது. எனவே, கொடுக்கப்பட்ட வேகங்குறைப்பு மின்னழுத்தத்திற்குக் கிடைத்த மின்னோட்டம் அந்த மின்னழுத்த ஆற்றலுக்குச் சமமான ஆற்றலை விட அதிக ஆற்றல் பெற்ற எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையின் அளவும் ஆகும். மேற்கூறிய சமன்பாட்டின் உதவியால் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் அல்லது ஆற்றலைச் செ.மீ., எர்குகளில் குறிப்பிடுவதற்குப் பதிலாக வழக்கத்தில் வோல்ட் அல்லது எலெக்ட்ரான் வோல்ட்களில் குறிப்பிடப்படுகின்றன. அஃதாவது ஓர் எலெக்ட்ரான் மோதல் எதுவும் இல்லாமல் தன்னுடைய திசைவேகத்தை V-யிலிருந்து O-வுக்கோ அல்லது இயக்க ஆற்றலை $\frac{1}{2}mv^2$-லிருந்து O-வுக்கோ, V' வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாட்டைக் கடக்கும்போது அடையுமானால் அந்த எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் அல்லது ஆற்றல் V' ஆகிறது. இதன்படி ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டை,

$$V'e = h\nu - p \quad \ldots \quad \ldots \qquad (3)$$

என்று எடுத்துக் கொள்வதுண்டு. இதில் V' எலெக்ட்ரான் ஆற்றலை நிலைமின் அலகில் (e.s.u.) குறிக்கும்.

உலோகத்தின் மேற்பரப்பிலிருந்து O ஆற்றலுள்ள ஒளி எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றும் வீசுகதிர் அதிர்வெண் ν_0வைக் கண்டுபிடிக்க $V'e=0$ எனவும், $\nu=\nu_0$ எனவும் ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டில் எழுதப்பட்டால்,

$$O=h\nu_0-p \quad \cdot\cdot \quad \cdot\cdot \qquad (4)$$

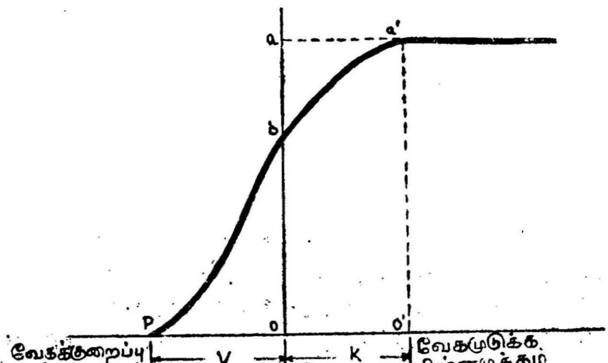
சமன்பாடு (3)—(4)

$$V'e=h\nu-\nu h_0 \quad \cdot\cdot \quad \cdot\cdot \qquad (5)$$

இஃது ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டின் இன்னொரு அமைப்பாகும். இந்த ν_0 என்ற அதிர்வெண் எலெக்ட்ரான்கள் O இயக்க ஆற்றலுடன் விடுபடும் அதிர்வெண் மட்டுமன்று. இந்த அதிர்வெண்ணுக்குக் குறைவான அதிர்வெண் உள்ள ஒளியினால் ஒளிமின் விளைவை உண்டாக்க முடியாது. ஆகவே, இந்த அதிர்வெண்ணுக்குப் 'பயன் தொடக்க அதிர்வெண்' (threshold frequency) என்று பெயரிடப் பட்டுள்ளது.

ஆற்றல் பகிர்வு

இப்போது C, A-க்கு இடையிலுள்ள மின்னழுத்தம் V-ஐ முடுக்கம் கொடுக்கும் அளவிலிருந்து சுழியாகிப் பிறகு வேகங்குறைப்பு அளவாகும்படி படிப்படியாக மாற்றும்போது A-யிலிருந்து கிடைக்கும் ஒளிமின்னோட்டத்தின் மாறுபாட்டைப் பார்ப்போம். ஒளிமின்னோட்டத்திற்கும் வேகம் குறைப்பு



படம் 3. 2
ஒளிமின்னோட்ட மின்னழுத்த வரைபடம்.

மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள தொடர்புக்கு வரைபடம் வரைந்தால் படம் 3. 2-ல் உள்ளதுபோன்ற ஒரு வளைகோடு

கிடைக்கிறது. கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் ஏறத்தாழ ஒரு வோல்ட்டுக்கும் மிகுதியாக இருந்து வேகமுடுக்கம் கொடுப்பதாக இருந்தால், ஒளி மின்னோட்டம் ஒரு மட்ட அளவை அடைந்து செறிவை அடைகிறது. இதற்கு இடப்புறம் குறைவான வேக முடுக்க மின்னழுத்தங்கட்கும், எல்லா வேகங்குறைப்பு மின்னழுத்தங்கட்கும், ஒளிமின்னோட்டம் சீராகச் சரிவடைந்து சுழியாகி வேகங்குறைப்பு மின்னழுத்த அச்சை ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் வெட்டுகிறது. வேக முடுக்க மின்னழுத்தத்திலிருந்து வேகங்குறைப்பு மின்னழுத்தத்திற்குச் செல்லும்போது ஒளிமின்னோட்டம் குறைவதிலிருந்து, ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் வெளிப்படும் ஆற்றல் சுழியிலிருந்து பெரும அளவுவரை உள்ளது எனத் தெரிகிறது. மேலும், மிக வேகமான எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் OP ஆல் வோல்ட்டில் குறிப்பிடப்படுகிறது. வளை கோடு மின்னழுத்த அச்சை ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் வெட்டுவதிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களுக்கு வரையறுக்கப்பட்ட பெரும அளவு வெளிப்படும் ஆற்றல் உள்ளதென்பது தெளிவாகிறது.

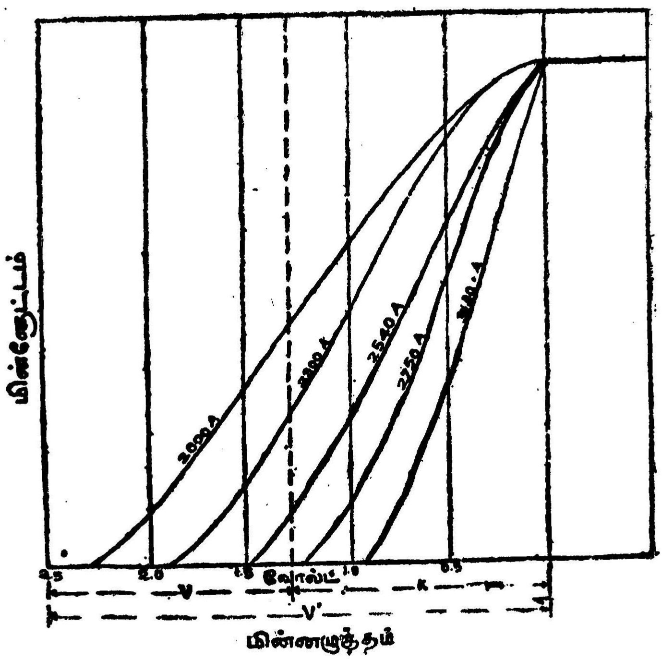
இந்த எலெக்ட்ரான்களுக்கு வெப்ப அயனிகளின் மேக்ஸ்வெல் ஆற்றல் பகிர்வு (Maxwellian distribution of energy) முறையிலுள்ளது போன்ற உச்சவரம்பற்ற ஆற்றல் இல்லாமல், வரையறுக்கப்பட்ட ஆற்றல் உள்ளது. மேலே கூறப்பட்ட ஆற்றல் பகிர்வு வளைகோடுகள் எலெக்ட்ரான்களின் பிரதிபலிப்பினாலும், எதிர்மின்வாய்த் தகட்டின் ஒளிமின் உணர்வுத் தன்மையாலும் உருவச் சிதைவு பெறுகின்றன. எதிர்மின்வாயை எலெக்ட்ரான்கள் பிரதிபலிக்காத ஒரு தடுப்பால் மறைப்பதாலும், அதை ஒளிமின் உணர்வற்ற பொருளால் செய்வதாலும் இந்தக் குறைபாடுகளைத் தவிர்க்கலாம்.

ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடு — சோதனை நிறுவல்

ஒளிமின் விளைவைப் பற்றிய லெனார்டின் தொடக்கநிலைப் பரிசோதனைகளால் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் வெளிப்படு ஆற்றல் ஒளியின் மூலத்தைப் பொறுத்தது எனத் தெரிய வந்தது. பிறகு லேடன்பர்க் 2000 A.U.-லிருந்து 2600 A.U. வரை அலை நீளங்களில், ஆறு ஒற்றைநிற ஒளி அலைகளை மெருகிடப்பட்ட பிளாட்டினம், செம்பு, துத்தநாகம் ஆகியவற்றின் பரப்பின்மேல் விழும்படி செய்தார். அவரது பரிசோதனை முடிவுகளிலிருந்து, λ அலை நீளமுள்ள ஒளி அலைகளினால் வெளியேற்றப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் பெரும ஆற்றலை V வோல்ட் எனக்கொண்டு, $\lambda\sqrt{V}=$ மாறிலி எனக் காட்டினார் அஃதாவது எலெக்ட்ரான்களின் பெரும வெளிப்படு ஆற்றல், ஒளி அதிர்வெண்ணின் இருமடிக்கு நேர்

விகிதத்தில் உள்ளது. இவற்றின் தொடர்பு வரைபடம் ஒரு சிறிய பரவளையமாகும். ஆனால், ஜோபே (Joffe) என்பவர், லேடன் பர்க்கின் அளவீடுகளையே, ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டின் வரைபடமான நேர்க்கோடாகக் குறிக்கமுடியும் எனக் காட்டினார்.

ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் வெளிப்படு ஆற்றலைப்பற்றிக் காம்ப்டன் தனியாகவும், ரிச்சர்ட்சன், காம்ப்டன் (Richardson and Compton) ஆகிய இருவரும் சேர்ந்தும் செய்த பரிசோதனைகளின் முடிவுகள் முக்கியமானவை. இந்தப் பரிசோதனைகளால் ஐன்ஸ்டீனின் சமன்பாடு ஐயமற மெய்ப்பிக்கப்பட்டது. மேலும், எலெக்ட்ரான்களின் வெளியேற்ற ஆற்றல் அளவீடுகளில், தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தம் எடுத்துக்கொள்ளும் பங்குபற்றியும் அவை விவரிக்கின்றன. 5 சதுர மில்லி மீட்டர் பரப்புள்ள ஓர் உலோகப்

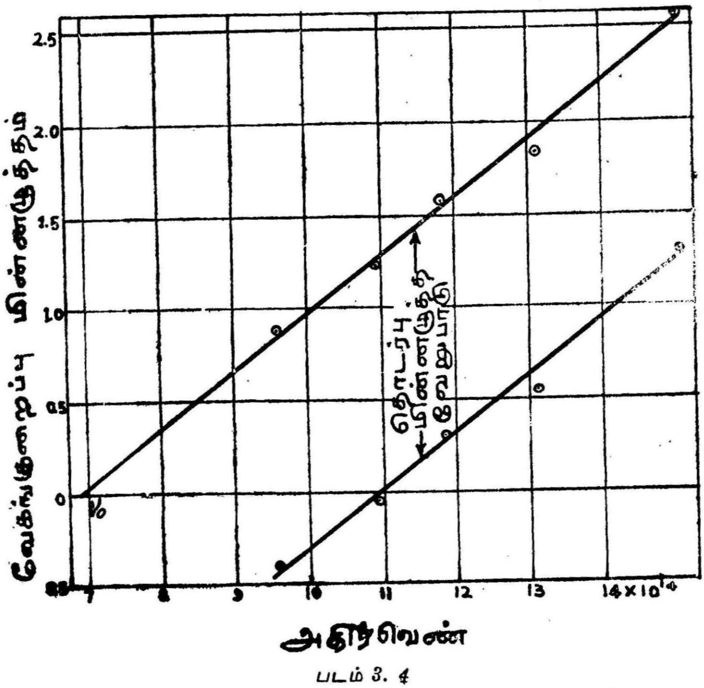


படம் 3. 3
அலுமினியத்தின் ஒளிமின்னோட்ட — மின்னழுத்த வளைகோடுகள்.
(ரிச்சர்ட்சன் — காம்ப்டன்)

பட்டையே ஒளிமின் மூலமாக எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது. உட்புறம் வெள்ளி பூசப்பட்ட, 7·5 சென்ட்டி மீட்டர் விட்டம் கொண்ட ஒரு பொது மையக் கண்ணாடிக் குமிழ் சூழும்படி உலோகப்பட்டை

வைக்கப்பட்டது. இப்படிப்பட்ட அமைப்பு, முன்னர்க் கூறப்பட்ட ஆற்றல் பகிர்வு வளைகோடுகளின் உருவச் சிதைவைத் தவிர்க்கிறது. அலுமினியத்தைப் பயன்படுத்தி வெவ்வேறு அலைநீளங்களுக்கு அவர்கள் பெற்ற ஆற்றல் பகிர்வு வளைகோடுகள் படம் 3. 3ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. 1·3 வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படும் வரையில் வளைகோடுகள் செறிவு அடைவதில்லை என்பதைப் படத்தில் காணலாம். அஃதாவது ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படும்போது அவற்றின் ஆற்றல் சுழியிலிருந்து பெரும அளவுவரை இருக்கின்றன.

இப்போது திருத்தப்பட்ட வேகங்குறைப்பு மின்னழுத்தத்தையும் ஒளியின் அதிர்வெண்ணையும் வரைபடத்தில் குறிப்பிட்டால் படம் 3. 4ல் காட்டியுள்ள நேர்க்கோடுகள் கிடைக்கின்றன. ஆகவே ரிச்சர்ட்சன் — காம்ப்டன் பரிசோதனைகள் ஒளி எலெக்ட்



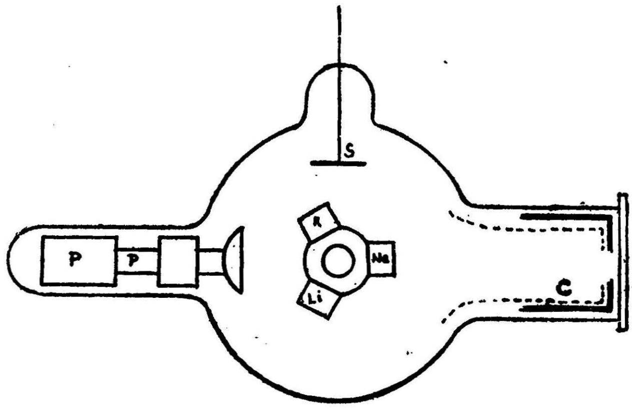
படம் 3. 4

அதிர்வெண் — வேகங் குறைப்பு மின்னழுத்த வரைபடம்.
(ரிச்சர்ட்சன் — காம்ப்டன்)

ரான்களின் பெரும அளவு வெளிப்படு ஆற்றலும், ஒளியின் அதிர்வெண்ணும் நேர்விகிதத்தில் உள்ளன என்பதை உறுதிப்படுத்து

கிறது. மில்லிகன் (Millikan) என்பவரும் இதே மாதிரிப் பரிசோதனை மூலம் பெரும அளவு வெளிப்படு ஆற்றலும் அதிர்வெண்ணும்கொண்ட வரைபடத்தில் நேர்க்கோடுகளைப் பெற்ருர். அந்த நேர்க்கோடுகளின் சரிவுவாட்டம் h/e யின் துல்லியமான மதிப்பை முதன்முதலாகக் கொடுத்தது. இது கணக்கிடப்பட்ட h/e யின் மதிப்பாகவே அமைந்தது. இதனுல் hஐ மதிப்பிட ஒரு மாற்றுமுறை கிட்டியது. மேலும், தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தத்தைச் சரியாக ஆராயவும் ஒரு வழி ஏற்பட்டது.

மில்லிகன் பயன்படுத்திய ஆய்கருவியின் அமைப்பு, படம் 3·5 ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சோடியம், லிதியம், பொட்டாசியம்

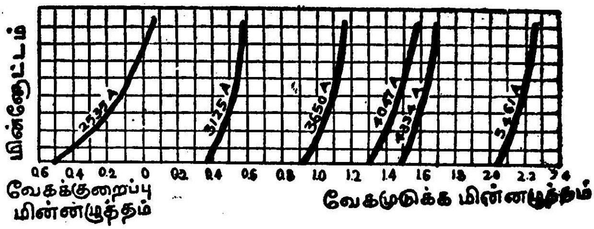


படம் 3. 5
மில்லிகனின் ஆய்கருவி.

ஆகியவையால் ஆன உருளை வார்ப்புகள் ஒரு சுழல் சக்கரத்தின் மேல் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த மூன்று உருளைகளும் சுழலும்போது ஒவ்வொன்றும் (1) மின் எலெக்ட்ரான்களை ஈர்க்கும் C என்ற ஃபேரடே சேகரிப்பின் (Faraday collector) முன்பும் (2) ஆய்வுக்காக எடுக்கப்பட்ட உலோக உருளைக்கும் S என்ற தட்டிற்கும் இடையிலுள்ள தொடர்பு வேறுபாட்டு மின்னழுத்தத்தைக் காண, அந்த S என்ற தட்டிற்கு முன்பும் (3) Pக்கு முன்பும் மாறிமாறி நிற்கின்றன. மூன்ருவதாகக் கூறப்பட்ட அமைப்பு "வெற்றிடப் பொறி ஆலை" எனப்படுகிறது. இங்குப் பயன்படுத்தப்படும் கார உலோகங்கள் (Alkali metals) கையாளுவதற்குக் கடினமாக இருந்தாலும், அவை நிறமாலையில் எளிதில் பெறக்கூடிய பெரும்பகுதிக்கு உணர்திறனுள்ளவை ஆதலால், அவை மிக்க அனுகூலத்துடன் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. மில்லி

கன் சோதனையில் உண்டாக்கப்பட்ட சோடியம் 6800 A.U. வரை செயலூக்கம் உள்ளவை. இதனால் அலைநீளங்களின் நீண்ட இடைவெளியில் வெளிப்படும் ஆற்றலை ஆராயமுடிகிறது. கார உலோகங்களின்மேல் படும் ஒளியின் ஒரு பகுதி ஃபேரடே சேகரிப்பினுள் பிரதிபலிக்கப்படுகிறது. ஃபேரடே சேகரிப்பு ஒளியின் உணர்திறன் உள்ளதாயிருந்தால், அதிலிருந்து ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்பட்டு கார உலோகத்தின் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களை நிறுத்தக்கூடிய வேகங் குறைப்பு மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்துவிடும். இதைத் தவிர்ப்பதற்காக மில்லிகன், துருவேற்றப்பட்ட தாமிர (oxidised copper) உருளை வடிவான வலையைப் பயன்படுத்தினர். அதன் பயன் தொடக்க அதிர்வெண் 2688 A.U. ஆதலால், அவர் அதைவிட அதிகமான அலைநீள ஒளியையே பயன்படுத்தினர். பயன்படுத்தப்படும் ஒற்றைநிற ஒளியைத் தவிர மற்றவை யாவும் தடுக்கப்பட்டன. ஒளி, குவார்ட்சால் செய்யப்பட்ட ஒரு பாதரசச் சுடர்விளக்கிலிருந்து பெறப்பட்டுக் கார உலோகத்தைப் பொலிவுறச் செய்ய 5461, 4339, 4047, 3650, 3125, 2535, 2399 ஆங்ஸ்ட்ராம் அலகுள்ள வீசுகதிர்கள் பயன்படுத்தப்பட்டன. ஃபேரடே சேகரிப்பு ஓர் எலெக்ட்ராமீட்டருடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது.

மில்லிகனின் பரிசோதனையில் வெவ்வேறு அலைநீளங்களுக்குக் கிடைத்த ஒளிமின்னோட்டத்திற்கும், கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்திற்கும் வரையப்பட்ட வரைகோடுகள் படம் 3. 6ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. கார உலோகங்களின் பரப்பு அதிகமான ஒளிமின்னோட்டம் கொடுப்பதால், வளைகோடுகள் மின்னழுத்த அச்சை எங்கு வெட்டுகின்றன என நுணுக்கமாகப் பார்க்க முடிகிறது.



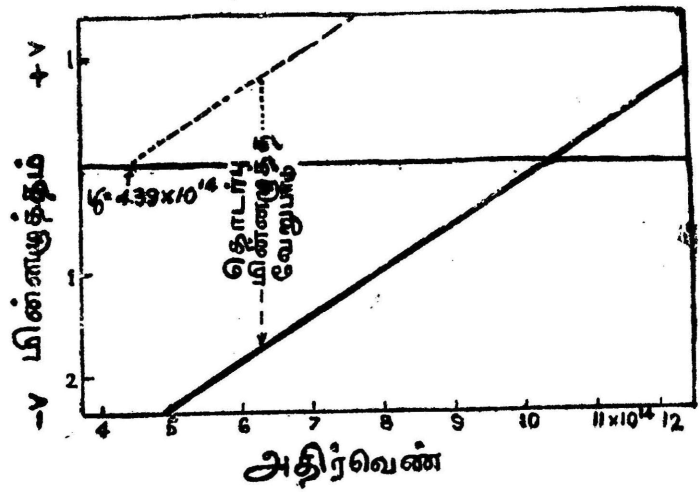
படம் 3. 6

ஒளிமின்னோட்ட — மின்னழுத்த வளைகோடுகள்.

(மில்லிகன்)

இந்த வளைகோடுகள் மின்னழுத்த அச்சை ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் வெட்டுவது, பெரும அளவு வெளியீட்டு ஆற்றல் இருப்பதைப் புலப்படுத்துகிறது. ஃபேரடே சேகரிப்பிற்கும் கார உலோகத்திற்கும் இடையிலுள்ள தொடர்பு மாறுபாட்டு

மின்னழுத்தம் கீழ்க்காணும் முறையில் கண்டுபிடிக்கப்படுகிறது. கார உலோகம் Sக்கு முன்பாக இருக்கும்படி சுழற்றப்படுகிறது. S-ம், ஃபேரடே சேகரிப்பும் ஒரே மாதிரியான துருவேற்றப் பட்ட தாமிரத்தாலானவை. தொடர்பு வேறுபாட்டு மின்னழுத் தத்தால் Sக்கும் கார உலோகத்திற்கும் இடையில் ஒரு மின்புலம் உண்டாகும்போது S சிறிதளவு நகர்த்தப்பட்டாலும் ஏற்படும் தூண்டு நிலைமின் விளைவு (inductive electro static effect) S உடன் அல்லது உலோகத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள எலெக்ட்ரா மீட்டரால் பதிவு செய்யப்படுகிறது. Sன் இடப்பெயர்ச்சிக்கு எந்தவிதத் தூண்டு மின்விளைவையும் உண்டாக்காதபடி Sக்கும் உலோகத்திற்கும் இடையில் கொடுக்கப்பட வேண்டிய மின் னழுத்தமே, அவை இரண்டிற்கும் இடையிலுள்ள தொடர்பு வேறுபாட்டு மின்னழுத்தம் ஆகும்.



படம் 3. 7
ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டை
மில்லிகன் முறையில் சரிபார்த்தல்.

படம் 3. 6லிருந்து பெறப்பட்ட, சோடியத்தின் நிறுத்தும் மின்னழுத்தத்திற்கும், ஒளியின் அதிர்வெண்ணுக்கும் வரையப் பட்ட நேர்க்கோடு படம் 3.7ன் கீழ்ப்பகுதியில் உள்ளது. தொடர்பு வேறுபாட்டு மின்னழுத்தத்திற்குத் திருத்தப்பட்ட பிறகு, இந்த நேர்க்கோடு அதற்கு இணையாக இடம் பெயர்க்கப்பட்டு, அதிர் வெண் அச்சை அதன் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணை, $\nu_0 = 43{\cdot}9 \times 10^{13}$ அல்லது $\lambda = 6800$ A.U.ல் வெட்டுகிறது. லிதியத் திற்கும் சோடியத்திற்கும் செய்த மற்றப் பரிசோதனைகளிலிருந்தும்

முழுதும் ஒத்த மதிப்புகளே பெறப்பட்டன. இந்த நேர்க்கோடுகளின் சரிவு வாட்டங்களிலிருந்து மில்லிகன் hன் மதிப்பு $6{\cdot}57 \times 10^{-27}$ எனக் கணக்கிட்டார். (இதில் 5% பிழை இருக்கலாம்.)

தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தம்

உலோகங்களுக்கிடையே உள்ள தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தம், அவற்றின் நிறுத்தும் மின்னழுத்தங்கள், அவற்றின் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்கள் ஆகியவற்றிற்கிடையே உள்ள தொடர்புகளை மில்லிகன் விவரமாக ஆராய்ந்தார். அவரது ஆய்வின் முடிவுகள் மிக முக்கியமானவை. படம் 3. 1ல் A என்பது ஒளி எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடும் உலோகப் பரப்பென வைத்துக்கொள்வோம். அதன் பயன் தொடக்க அதிர்வெண் ν_0 எனவும், உலோகத்தின் மேல் படும் வீசுகதிரின் அதிர்வெண் ν எனவும் கொள்வோம். அதிவேகமாக நகரும் எலெக்ட்ரான்களை நிறுத்தக்கூடிய மின்னழுத்தம் V என்றால் C, Aக்கு இடையிலுள்ள உண்மையான மின்னழுத்தம் காண இதனுடன் தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தமான Kஐயும் சேர்த்துக் கொள்ளவேண்டும். ஆகவே, ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடு,

$$(V+K)\,e = h\nu - h\nu_0 \quad \ldots \quad (6)$$

என்று அமைகிறது. இப்போது பரப்பு A உள்ள இடத்தில் B என்ற உலோகப் பரப்பைப் பதிலீடு செய்தால், அதன் நிறுத்தும் மின்னழுத்தம் V' ஆகவும், பயன்தொடக்க அதிர்வெண் ν_0' ஆகவும், தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தம் K' ஆகவும் இருந்தால் கீழ்க்காணும் சமன்பாடு கிடைக்கிறது:

$$(V'+K')\,e = h\nu - h\nu_0' \quad \ldots \quad (7)$$

சமன்பாடு (7) — (6)

$$K' - K = \frac{h}{e}(\nu_0 - \nu_0') - (V - V') \quad \ldots \quad (8)$$

என்ற சமன்பாடு கிடைக்கிறது. இதையே வாக்கியமாக,

A, Bக்கு இடையிலுள்ள தொடர்பு மின்னழுத்தம் $= \dfrac{h}{e}$ [பயன்தொடக்க அதிர்வெண்களின் வேறுபாடு] $-$ நிறுத்தும் மின்னழுத்தங்களின் வேறுபாடு

என்று எழுதலாம். மில்லிகன், ஹென்னிங்ஸ் கேடெஸ்க் ஆகியோர் செய்த பரிசோதனைகள், இரு தூய்மையான உலோகங்கள் (A, B) ஒரு ஃபேரடே உருளையின் முன்பு அடுத்தடுத்து விரை

வாகக் கொண்டுவரப்படும்போது, ஒரே அதிர்வெண்ணுள்ள ஒளியினுல் வெளியேற்றப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் நிறுத்தும் மின்னழுத்தங்கள் v, v' இரண்டும் ஒத்த மதிப்புடையவை எனக் காட்டுகின்றன. எனவே சமன்பாடு (8),

$$K'—K = \frac{h}{e}(\nu_o - \nu_o') \quad \ldots \quad (9)$$

என்ற இலகுவான அமைப்பைப் பெறுகிறது. அஃதாவது இரு உலோகங்களின் தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தம் அவற்றின் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்களின் மாறுபாட்டின் h/e மடங்காகிறது.

சமன்பாடு (9) முன்பே ரிச்சர்ட்சன், காம்ப்டன் ஆகியோரால் விளக்கப்பட்டதாகும். சில குறிப்பிட்ட சூழ்நிலைகளில், எடுத்துக் காட்டாக *A* துருவேற்றப்பட்ட தாமிரமாகவும், *B* விதியமாகவும் இருக்கும்போது சமன்பாடு (9) சரியாக அமையாமல் சமன்பாடு (8) சரியானதாக அமைகிறது. அந்த இரு உலோகங்களின் தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தம் 1·52 வோல்ட்டாகவும் அவற்றின் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்களின் வேறுபாட்டின் h/e மடங்கு 2·53 வோல்ட்டாகவும், அவற்றின் நிறுத்தும் மின்னழுத்தங்களின் வேறுபாடு 1 வோல்ட்டாகவும் இருந்தன. இந்த அளவுகளைச் சமன்பாடு (8)ல் இட்டால்,

$$1{\cdot}52 = 2{\cdot}53 — 1$$

என்று ஆகிறது. ஆகவே சமன்பாடு (8), சோதனைத் தவறுகளுடன், சரியானதாக அமைகிறது. சில மாதங்கள் கழித்து இதே அளவுகள் கீழ்க்கண்டவாறு மாறின :

$$1{\cdot}11 = 2{\cdot}42 — 1{\cdot}13$$

இதன் காரணங்களைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம் : தொடக்கத்தில் *A*, *B* என்ற இரண்டு உலோகங்களும் தூய்மையானவையாக இருந்தபோதிலும், அவற்றில் ஏதாவது ஒன்றின் பரப்பின்மேல் பரிசோதனையின்போது மசகு (grease) போன்ற ஒரு கடத்தாப் பொருளின் ஏடு (film) படியக்கூடும். இந்த ஏடு அதைத் தாண்டி உலோகத்தினுள் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களைத் தடுத்து தன்னுள்ளேயே நிறுத்தி வைக்கிறது. ஆகவே, இந்த அடுக்கின்மேல் தேங்கியுள்ள எதிர் மின்னேற்றத்தால் அந்த உலோகம் தன்னுடைய உண்மையான எதிர் மின்னழுத்தத்தைவிட அதிக மின்னழுத்தம் பெற்றுள்ளதுபோலச் செயல்படுகிறது. இதனுல் அளக்கப்பட்ட தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தமான ($K'—K$) ன் மதிப்பு மாறுபடுகிறது; ஆனுல், இதனுல் பயன்

தொடக்க அதிர்வெண்கள் மாறுபடுவதில்லை. ஆகவே, சமன்பாடு (9) இப்போது சரியற்றதாகத் தோன்றுகிறது. ஆனால், மிகவும் தூய்மையான உலோகங்களுக்குச் சமன்பாடு (9) சரியானதுதான் என்று பல பரிசோதனைகள் மூலம் மில்லிகன் மெய்ப்பித்துள்ளார்.

ஒளிச் செறிவின் விளைவுகள்

1. ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் ஒளிச்செறிவைப் பொறுத்ததன்று: அலைக் கொள்கைப்படி ஒளியின் செறிவு அலைகளின் வீச்சைப் பொறுத்தது. துகள் கொள்கைப்படி கொடுக்கப்பட்டுள்ள பரப்பின் வழியாகச் செல்லும் துகள்களின் எண்ணிக்கையே ஒளியின் செறிவைத் தீர்மானிப்பதாகும். ஆகவே, துகள் கொள்கைப்படி (Quantum theory) ஒளியின் செறிவு அதிகரிக்கும் போது, வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை, அவற்றின் ஆற்றல் அதிகரிக்காமல், அதிகரிக்கப்படவேண்டும். அலைக் கொள்கையின் அடிப்படையில் பார்த்தால், ஒளிக்கற்றையின் மின் ஆற்றலினால் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் விடுபடுவதால், அவற்றின் ஆற்றல் ஒளியின் செறிவைப் பொறுத்து மாறுபடவேண்டும். அஃதாவது ஒளிக் கற்றையின் செறிவு மாறும்போது, விடுபடும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றலும் மாறுபடவேண்டும். ஆகவே, துகள் கொள்கைப்படி விடுபடும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் ஒளியின் செறிவைப் பொறுத்ததன்று; ஆனால், அலைக் கொள்கைப்படி, அஃது ஒளிச் செறிவைப் பொறுத்தது என்று கிறது.

இதனைச் சோதனைச் சான்றுகளுடன் பார்க்கும்போது துகள் கொள்கையே சரியானது எனத் தெரிகிறது. லெனார்டுதான் முதன்முதலில் வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றலுக்கும், ஒளியின் செறிவுக்கும் தொடர்பில்லை எனக் காட்டியவர். இதையே பின்னர் லேடன்பர்க், மில்லிகன், வின்செஸ்டர், மோஹ்லின், ரைட், குன்ட்ஸ் போன்றவர்களின் பரிசோதனைகளும் மெய்ப்பித்தன.

2. ஒளி மின்னோட்டத்திற்கும் ஒளிச்செறிவுக்கும் உள்ள தொடர்பு: எல்ஸ்டர், கெய்ட்டல் ஆகிய இருவரும் செய்த பரிசோதனைகளிலிருந்து ஒளிமின்னோட்டம் ஒளியின் செறிவுக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது எனத் தெரிகிறது. ஐன்ஸ்டீன் தத்துவப்படி உட்கவரப்பட்ட ஒவ்வொரு குவான்டம் அளவு ஆற்றலுக்கும் ஓர் எலெக்ட்ரான் வெளிப்படவேண்டும். ஆகவே, உலோகத்தின் அடுக்குகளுக்குள் விடுபடும் மொத்த ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையில், ஒரு மாறுக் கூறான, வெளிப்படும் எலெக்ட்

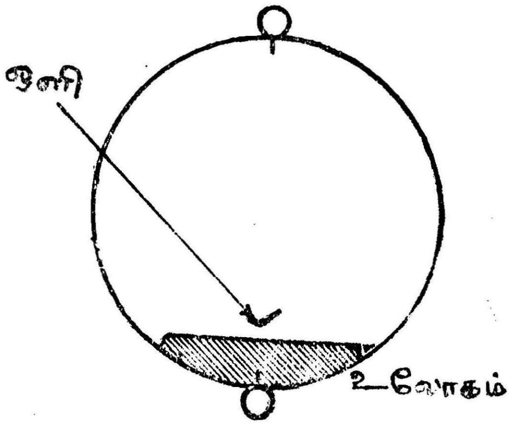
ரான்களின் எண்ணிக்கை, மொத்தக் குவான்டங்களின் எண்ணிக்கைக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்; அஃதாவது ஒளியின் செறிவுக்கு நேர்விகிதத்திலிருக்கும்.

அதே சமயத்தில் அலைக்கொள்கை இப்படி ஓர் ஐயமற்ற முடிவைக் கொடுப்பதில்லை. அலைக்கொள்கையின்படி, வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒளிக்கற்றையின் மின்னூற்றலின் வீச்சுக்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கலாம்; ஆனால், ஒளியின் செறிவை நிர்ணயிக்கும் வீச்சின் இருமடிக்கு அன்று. இதனுடன், ஒளிச் செறிவு ஒரு குறிப்பிட்ட அளவைவிடக் குறையும் போது, அந்த அலைமுகத்திலுள்ள (wave front) மின்னூற்றல் உலோகத்தினுள் கட்டுண்ட எலெக்ட்ரான்களை விடுவிக்கப் போதுமானதாக இல்லாமலிருக்கலாம். இதையே பயன்தொடக்க நிலையின் விளக்கமாகக் கூறலாம்.

செய்யப்பட்ட நம்பிக்கையான பரிசோதனைகளிலிருந்து, ஒளி மின்னோட்டம் அதை உண்டாக்கும் ஒளியின் செறிவுக்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது எனத் திட்டவட்டமாகத் தெரிந்துகொள்ள முடிகிறது. இந்த முடிவுக்குவர, எல்ஸ்டர், கெய்ட்டல், லெனார்டு, லேடன்பர்க், ரிச்மையர் போன்றவர்கள் செய்த பரிசோதனைகள் மிக முக்கியமானவை. இந்தப் பரிசோதனைகளில் பயன்படுத்தப் பட்ட ஒளிமின்கலங்கள் வாயு நிரப்பப்பட்டவை, வெற்றிடமாக்கப் பட்டவை என இரு வகைப்படும்.

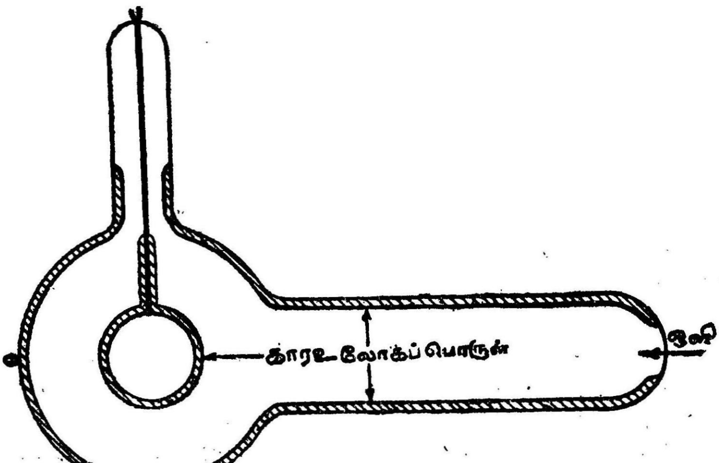
வாயு நிரப்பப்பட்ட மின்கலங்களில் ஆர்கான், ஹீலியம் போன்ற வாயுக்கள் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டன. இவற்றில், மோதலில் அயனித்தல் முறையில் தொடக்கத்தில் ஏற்பட்ட ஒளி மின்னோட்டம் பெரும அளவு பெருக்கமடைய எவ்வளவு வாயு அழுத்தம் தேவையோ, அந்த அளவு அழுத்தம் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது. இத்தகைய மின்கலங்கள் ஒளி அளவியலில் மிகுதியாகப் பயன்படுத்தப்படுவதால், ஒளிமின்னோட்ட — ஒளிச் செறிவு நேர்விகிதம் எவ்வளவு சரியானது என்பது தெரிந்தாக வேண்டும். இதற்காகப் படம் 3. 8, 3. 9ல் காட்டப்பட்டது போன்ற பல மாறுபட்ட அமைப்புகளைக்கொண்ட ஒளிக்குழாய் களைப் பயன்படுத்தினர். படம் 3. 8ல் உள்ள ஒளிக்குழாயில் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் தேங்குவதற்கு மிகுந்த கண்ணாடிப் பரப்பு உள்ளது; இதனால் மின்புலத்தில் உருக்குலைவு உண்டாகி அதனால் ஒளிமின்னோட்டத்திலும் மாறுதல் ஏற்படுகிறது. இந்த அமைப்பில் நேர்விகிதம் சரியாக இருக்க முடியாது. படம் 3. 9ல் உள்ள ஒளிக்குழாயில் கண்ணாடிச் சுவரின் உட்புறம் காரப் பொருள் பூசப்பட்டுள்ளது. அதனால் கண்ணாடிச் சுவரின் மிகச் சிறிய

பரப்பில்தான் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் தேங்க முடியும். இதில் உள்ளே வரும் ஒளி முழுவதும் உட்கவரப்படுகிறது. ஆகவே,



படம் 3. 8
கோளவடிவ ஒளிமின்கல அமைப்பு.

இவற்றில் முதலில் கூறப்பட்ட அமைப்பு ஒளிமின்னோட்டத்திற்கும் ஒளிச்செறிவிற்கும் உள்ள நேர்விகிதத்தைச் சரிபார்ப்பதற்கும்,



படம் 3. 9
ஒளிமின்பலன் மிகுதியாக உள்ள கலம்.

இரண்டாவது அமைப்பு கொடுக்கப்பட்டுள்ள ஓர் ஒளிக் குழாய் ஒளிச்செறிவின் நேர்விகிதத்தில் ஒளிமின்னோட்டத்தைக்

கொடுக்கக் கூடியதா என்று சரிபார்ப்பதற்கும் பயன்படுகின்றன. இத்தகைய பரிசோதனைகளின்மூலம், ஒளிமின்னோட்டம் ஒளிச் செறிவு ஆகிய இரண்டும் நேர்விகிதத்தில் உள்ளன என்பது ஐயமின்றி மெய்ப்பிக்கப்பட்டுள்ளது.

ஒளிமின் இயலில் காலவரையறை

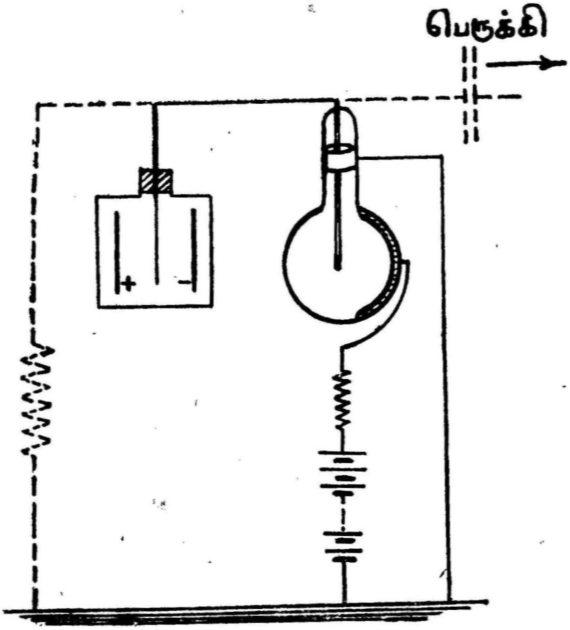
உலோகப் பரப்பின் மேல் வீசுகதிர் பட்டவுடன் ஒளிமின்னோட்டம் தொடங்குகிறது என்பது, $h\nu$ அளவு ஆற்றலுள்ள துகள்களின் தொகுப்பே வீசுகதிர் எனக் கூறும் குவான்டம் கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்கப்படும் ஓர் ஆதாரச் செய்தியாகும். மாறாக, ஓர் அலைமுகம் முழுவதும் ஆற்றல் சீராகப் பரவியிருப்பதாக எடுத்துக்கொண்டால், குறை செறிவுள்ள ஒளி படும்போது அதிலிருந்து ஆற்றலை உட்கவர்ந்து, எலெக்ட்ரான் உலோகத்திலிருந்து வெளிப்படுவதற்கு மிகுந்த காலதாமதமாகும். எடுத்துக்காட்டாக அலைநீளம் 4000 A.U. அளவுள்ள ஒரு நீலநிற ஒளியின் செறிவு 10^{-7} எர்க்/செகண்டு சென்டிமீட்டர்^{2} எனக் கொண்டால் அதன் ஆற்றல் 5×10^{-12} எர்க் ஆகிறது. ஓர் எலெக்ட்ரான் (10^{-16} செ. மீ.) அதைக் கொண்டுள்ள ஒரு மூலக்கூறின் (10^{-7} செ. மீ.) மேல்விழும் அலைமுகத்தின் ஆற்றலை (பரப்பு $10^{-7} \times 10^{-16}$ ச. செ. மீ.) உட்கவர்வதாக எடுத்துக்கொண்டால், அந்த எலெக்ட்ரான் 5×10^{-12} எர்க் ஆற்றலைச் சேகரிக்க எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் $5 \times 10^{-12} \div (10^{-7} \times 10^{-16}) = 5 \times 10''$ செகண்டு அல்லது 15,000 ஆண்டுகளாகிறது.

ரேலே (Rayleigh) கூறியபடி மின்காந்தக் கொள்கையின் அடிப்படையில் ஒரு மிகச் சிறிய ஒத்ததிர்வி (resonator) λ^2 அளவு பரப்புள்ள அலைமுகத்திலிருந்து ஆற்றலை உட்கவர்கிறது. நமது எடுத்துக்காட்டில் $\lambda^2 = (4000 \times 10^{-8})^2$. இந்தப் பரப்பிலிருந்து 5×10^{-12} எர்க் உட்கவரத் தேவையான நேரம் 10^4 செகண்டு அல்லது 166 மணி நேரம். ஆனால். எல்ஸ்டர் — கெய்ட்டல் சோதனையில், ஒளி படுவதும் ஒளிமின்னோட்டம் நிகழ்வதும், சம கால நிகழ்ச்சிகளாகும். லாரன்ஸ், பீம்ஸ் (Lawrence and Beams) ஆகியோர் செய்த பரிசோதனையினால், ஒளி பட்டு 3×10^{-9} செகண்டு நேரத்திற்குள் ஒளிமின்னோட்டம் தொடங்குகிறது என்றும், ஒளி நின்ற 10^{-8} செகண்டுக்குள் ஒளிமின்னோட்டம் நிற்கிறது என்றும் தெரிகிறது.

ஒளிமின்னோட்டங்களில் ஏற்ற இறக்கம்

பெரும்பாலும் எல்லா ஒளிமின் பரிசோதனைகளிலும் வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மிக அதிகமானதலால்,

அவற்ருல் ஏற்படும் ஒளிமின்ஞேட்டத்தின் அளவு ஒளியின் செறிவுக்கேற்பக் காலதாமதமின்றி மாறிக்கொண்டே வருகிறது. ஆனல், ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் தொடர்பின்றி அங்கொன்றும் இங்கொன்றுமாக வெளிப்படுமாஞல், கொடுக்கப்பட்ட கால வரம்பில், வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை ஒரு சராசரி அளவுக்கு ஏற்ற இறக்கம் (fluctuation) பெறுகிறது. சராசரி மின்ஞேட்டமோ அல்லது கால இடைவெளியோ சிறிதாக



படம் 3. 10
தனித்த ஒளி எலெக்ட்ரான் வெளிப்படுவதைக் கண்டுணரும் எல்ஸ்டர்—கெய்ட்டல் அமைப்பு.

ஆக, இந்த ஏற்ற இறக்கம் மிகுதியாகும். இதை முதன் முதலில் எல்ஸ்டர்—கெய்ட்டல் ஆகியோரே கண்டுபிடித்தனர். அவர்கள் ஆர்கான் நிரம்பிய ஒரு பொட்டாசிய ஒளிமின்கலத்துடன் படம் 3. 10 - ல் காட்டியுள்ளதுபோல் விரைவாக இயங்கக்கூடிய நார் இழையுள்ள ஓர் எலெக்ட்ராமீட்டரை இணைத்தார்கள். இருட்டாக உள்ளபோது சற்றே மின்னிறக்கம் உண்டாக்கக்கூடிய மின்னழுத்தமாகக் கலத்திற்கு மின்னழுத்தத்தை மிகுவித்தபோது, எலெக்ட்ராமீட்டரின் நாரிழை சீரற்ற கால இடைவெளியில்

குதிப்பதைக் கண்டார்கள். இழைகளின் இந்தக் குதிப்பு (jump) மோதலினால் உண்டாகும் அயனியாக்கத்தினால் உருப் பெருக்கப் பட்ட தனிப்பட்ட எலெக்ட்ரான் வெளிப்படுவதால்தான் ஏற்படு கிறது. கலத்தின்மேல் ஒளி விழச்செய்தால், துடிப்புகளின் எண்ணிக்கை அதிகரித்தது. ஒளிச்செறிவு அதிகரிக்கப்பட்ட போது, இந்தத் துடிப்புகளின் எண்ணிக்கை அதிகரிப்பது தனித் தனி எலெக்ட்ரான்கள் கணக்கிடப்பட்டு மெய்ப்பிக்கப்பட்டது. இதே அமைப்பை ராஜேஸ்வ்கி (Rajeswky) என்பவர் ஒரு கெய்கர் - முல்லர் எண்ணியையும் ஒலிப் பெருக்கியையும் பயன்படுத்தி, எலெக்ட்ரான்கள் விடுபடுவதைக் கேட்டு எண்ணினார். இதனால் ஒளிமின்னோட்டத்திற்கு நேர்விகித விதியினுட்பட்ட ஏற்ற இறக்கம் உள்ளதென்பது மெய்ப்பிக்கப்பட்டது.

4. ஒளிமின் பயன்தொடக்க நிலை

ஒளிமின் விளைவு கண்டுபிடிக்கப்பட்ட நாளிலிருந்து, வெவ்வேறு உலோக அல்லது உலோகக் கலவைப் பொருள்களின் ஒளிமின் பண்புகளை ஒப்பிட்டுப் பார்ப்பது பல ஆய்வாளர்களின் கவனத்தை ஈர்த்தது. இதற்காக அவர்கள் பல பொருள்களின் மேல் ஒரே ஆற்றல் கொண்ட ஒளியை விழச்செய்து, அப்போது கிடைத்த தெவிட்டிய (saturated) ஒளிமின்னோட்டத்தை அளந்தார்கள். ஆனால், அவர்கள் அனைவரும் ஒரேவித ஒளிமூலங்களைப் பயன்படுத்தாததாலும், அளவீட்டு முறைகள் மாறுபட்டிருந்ததாலும் அவர்களுக்கு வெவ்வேறு முடிவுகள் கிடைத்தன. ஆகவே, ஒரு பொருளின் ஒளிமின் பண்புகள் யாவையெனச் சரியாகக் காணவேண்டிய தேவை ஏற்படுகிறது.

திசைவேகப் பகிர்வுச் சார்பு

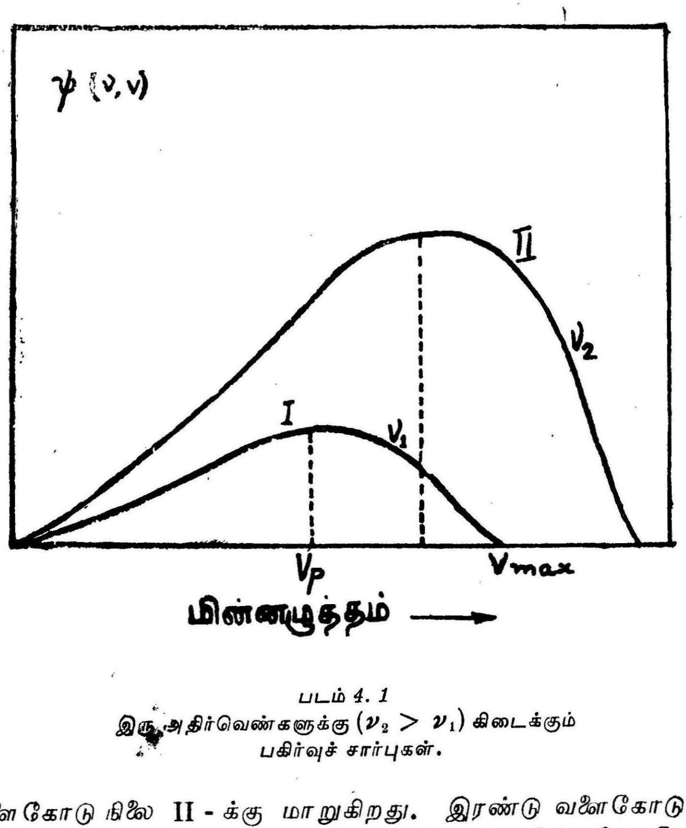
ஒரு பரப்பு, அதன்மேல் விழும் அதிர்வெண் ν உள்ள ஓரலகு ஒளிச்செறிவை (unit intensity) உட்கவர்ந்து, வெளிவிடும் v திசைவேகம் கொண்டுள்ள ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை தெரிந்தால்தான் அந்தப் பரப்பின் ஒளிமின் பண்புகளை அறியலாம். ஒளியின் அதிர்வெண் ν, $\nu + d\nu$ - க்குள் மாறும்போது ஓரலகு ஒளிச்செறிவு ஓரலகு கால அளவில் வெளிப்படுத்தும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் v, $v + dv$ - க்குள் அமைந்திருந்தால் அவற்றின் எண்ணிக்கை dn_v - ஐக் கீழ்க்காணும் சார்பு (function) குறிக்கும்.

$$dn_v = \psi(\nu, v)\, d\nu,\, dv \quad \ldots \qquad (1)$$

ψ என்ற சார்புக்குத் திசைவேகப் பகிர்வுச் சார்பு (velocity distribution function) என்பது பெயர். பரிசோதனைப்படி இந்தச் சார்பு கீழ்க்காண்பவைகளைப் பொறுத்தது :

1. திசைவேகம் v - யின் எண்மதிப்பு, திசை.
2. அதிர்வெண் ν.
3. ஒளியின் தளவிளைவு நிலையும், படுகோணமும்.
4. பரப்பின் தன்மை.

படம் 4.1 - ல் I என்ற வளைகோடு, ν_1 என்ற அதிர்வெண்ணுக்கு வரையப்பட்டுள்ளது. இதில் திசைவேகப் பகிர்வுச் சார்பு, ν - ஐப் பொறுத்து எவ்வாறு மாறுபடுகிறது என்பது தெளிவாகிறது. அதிர்வெண் ν_1 லிருந்து ν_2 க்கு மாறும்போது சார்பின்



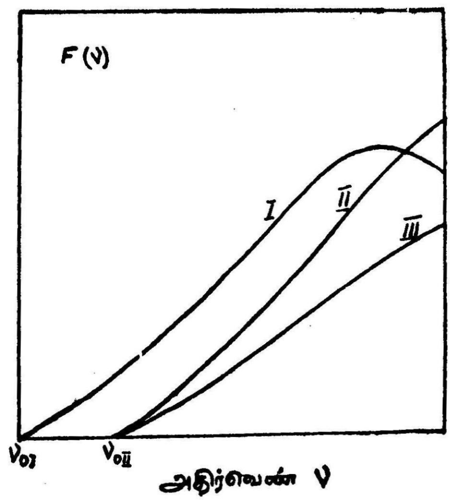
படம் 4. 1
இரு அதிர்வெண்களுக்கு ($\nu_2 > \nu_1$) கிடைக்கும்
பகிர்வுச் சார்புகள்.

வளைகோடு நிலை II - க்கு மாறுகிறது. இரண்டு வளைகோடுகளிலிருந்தும் வெளியேற்றப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகம் O - விலிருந்து பெரும அளவான V_m வரை உள்ளது என்பது தெளிவாகிறது. V_m - ன் மதிப்பு,

$$\frac{1}{2} m V_m^2 = h\nu - p = h\nu - h\nu_0$$

என்ற ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டிலிருந்து பெறப்படுகிறது. மேலும், ஒவ்வொரு சார்புக்கும் V_p என்ற வரையறுக்கப்பட்ட நிகழ்திறத் திசைவேகம் (most probable velocity) ஒன்று உள்ளது. இதன் மதிப்பு ν - ன் மதிப்புடன் நேர்க்கோட்டுச் சார்பு (linear function) பெற்றது.

சார்பு $\psi(\nu, v)$, பரப்பின் தன்மையைப் பொறுத்துள்ள உண்மை சிக்கலானதானாலும், படம் 4. 2 - லிருந்து அது பரப்பின் பயன் தொடக்க அதிர்வெண் ν_0 - ஐ மிகவும் பொறுத்துள்ள



படம் 4. 2
நிறமாலைப் பகிர்வுச் சார்பு.

தென்பது தெளிவாகிறது. தளவிளைவு, ஒளியின் படுகோணம் இவற்றால் ஏற்படும் மாறுதல்களைப் பின்னர்ப் பார்க்கலாம்.

நிறமாலைப் பகிர்வுச் சார்பு

சமன்பாடு (1) - ல் ν - க்கு O - விலிருந்து V_m வரை மதிப்புக் கொடுத்துத் தொகு ஆக்கம் (integrate) செய்தால்,

$$dn_\nu = F(\nu)\, d\nu$$

என்ற சமன்பாடாகிறது. இதில் dn_ν என்பது அதிர்வெண் $\nu, \nu + d\nu$ - க்குள் கொண்டுள்ள ஓரலகு ஒளிச்செறிவுள்ள ஒளி உட்கவரப்படுவதால் ஓரலகு காலத்தில் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைக் குறிக்கிறது. $F(\nu)$ என்ற புதிய சார்பு, ஒளியின் அதிர்வெண், தளவிளைவு, பரப்பின் தன்மை ஆகியவற்றைமட்டும் பொறுத்தது. இதற்கு 'நிறமாலைப் பகிர்வுச் சார்பு எண்' (spectral distribution function) என்பது பெயர். இந்தச் சார்பு ν - ஐப் பொறுத்தது என்பதைப் படம் 4. 2 காட்டுகிறது. அதிர்வெண் ν_0 - வுக்குக் குறைவாக இருந்தால் எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுவதில்லை. அதிர்வெண் அதிகரிக்க அதிகரிக்க வெளிப்

படும் எலெக்ட்ரான்கள் அதிகரிக்கின்றன. சில சமயங்களில் அவை ஒரு பெரும அளவையும் அடைகின்றன.

வளைகோடுகள் I, II-லிருந்து வெவ்வேறு உலோகங்கள் வெவ்வேறு பயன்தொடக்க அதிர்வெண் (ν_0) பெற்றுள்ளன என்றும், வளைகோடுகள் II, III-லிருந்து ஒரே பயன்தொடக்க அதிர்வெண் கொண்டுள்ள இரு உலோகங்களின் நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோடுகள் ஒன்றியிருக்க மாட்டா என்றும், படம் 4. 2 லிருந்து தெரிகிறது. ஏதாவது ஓர் அதிர்வெண்ணில், நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோட்டின் குத்தாயம் (ordinate) அந்த அதிர்வெண் உள்ள ஓரலகு ஒளிச்செறிவு உட்கவரப்படுவதால் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைக் கொடுக்கிறது. இந்தக் குத்தாய மதிப்பிற்கு 'நிறமாலை உணர்வு நுட்பம்' (spectral sensitivity) அல்லது 'ஒளிமின் இளகுநிலை' (photoelectric yield) என்பது பெயர். இது கூலும்/கலோரி அல்லது ஆம்ப்பியர்/வாட் என்ற அலகால் குறிப்பிடப்படும். இதுவே உட்கவரப்பட்ட ஒரு குவான்டத்திற்கு வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான் எண்ணிக்கை என்றால், அதற்குக் 'குவான்டம் இயக்குதிறம்' (quantum efficiency) அல்லது 'குவான்டம் இளகுநிலை' (quantum yield) என்பது பெயர்.

படம் 4. 2-ல் உலோகங்களின் நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோடுகள் இணையாகப் பெயர்ச்சியடைவதிலிருந்தும், அல்லது அவற்றின் சரிவுவாட்டம் மாறுவதிலிருந்தும், அவை உலோகங்களின் தன்மையைப் பொறுத்தது என்பது புலனாகிறது. பெயர்ச்சி இணையாக இருக்கும்போது இரு உலோகங்களின் பயன்தொடக்க அதிர்வெண் மாறுபாடு புலப்படுகிறது. வளைகோடுகளின் சரிவு வாட்டம் மாறுபடுவது அந்த உலோகப் பரப்புகளின்மேல் விழும் குவான்டங்களை உட்கவரும் எலெக்ட்ரான்களின் எண் மாறுபாட்டைக் காட்டுவதாக இருக்கலாம்.

பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணின் தனிச்சிறப்பு

மேலே கொடுக்கப்பட்டுள்ள பகுப்பாய்வுகளிலிருந்து, உலோகப் பரப்புகளின் ஒளிமின் பண்புகளை விளக்கமாக ஒப்பிடும்போது ஓர் உண்மை புலப்படுகிறது. அப் பரப்புகளின் தன்மைகளில், ஒவ்வொரு பரப்புக்கும் மாறுபட்டு ஆனால் ஒரே பரப்பிற்கு மாறாத தன்மை அவற்றின் **பயன்தொடக்க அதிர்வெண்** (threshold frequency) என்பது தெளிவாகிறது. இந்த அளவைக்கொண்டே பல உலோகப் பரப்புகளின் தன்மைகளை ஒப்பிடலாம்.

உலோகத்திலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றும் மிகச் சிறிய அதிர்வெண், அஃதாவது பயன்தொடக்க அதிர்வெண் ν_0 எனக் கூறப்பட்டது. அதற்கு ஏற்புடைய அலைநீளத்தைக் கையாளுவது வசதியாக உள்ளது. இந்த அலைநீளம் பயன் தொடக்க அலைநீளம் λ_0 எனக் குறிப்பிடப்படுகிறது. இது பெரும அளவு உள்ள அலைநீளமாதலால் இது நீளமான அலை வெல்லை (long wave limit) அல்லது சிவப்பு எல்லை (red limit) என்றும் கூறப்படும்.

ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டில் $h\nu_0$ என்பது உலோகப் பரப்பி லிருந்து எலெக்ட்ரான் வெளிப்படும்போது அது இழக்கும் மிகக் குறைவான ஆற்றலாகும். இதை ϕe என்றும் எழுதலாம். e என்பது எலெக்ட்ரானின் மின்னேற்றம். ϕ என்பது எலெக்ட் ரான் உலோகப் பரப்பிலிருந்து வெளியே வரும்போது கடக்கும் மின்னழுத்த வேறுபாடு (potential jump) ஆகும். ஆகவே ϕ என்பது உலோகத்தின் 'ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றல்' (photo-electric work function) எனப்படுகிறது. இஃது ஒளிமின் விளைவைப் பற்றி அறிவதில் மட்டுமல்லாமல், உலோகப் பரப்பு களின் தன்மைகளை அறிவதிலும் மிக முக்கியமானது. ϕ, ν_0, λ_0 ஆகியவற்றிற்கு உள்ள தொடர்பை,

$$\phi e = h\nu_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

என்று எழுதலாம். ϕ வோல்ட்களிலும், λ_0 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகு களிலும் கொடுக்கப்பட்டால்,

$$\phi = \frac{12,336}{\lambda_0}$$

ஆகிறது. ஆனால், இதுவரை செய்யப்பட்ட பரிசோதனைகளில், அளவுகள் எடுக்கப்பட்ட நிலைகளைப் பொறுத்து, ϕ -யின் மதிப்பு ஒரே உலோகத்திற்கு மாறாத அளவாக இல்லை.

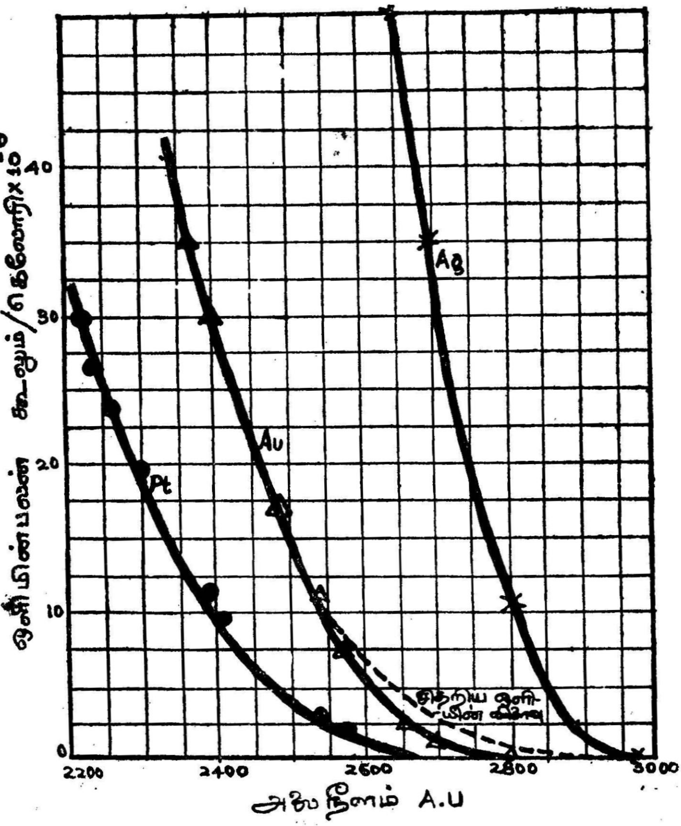
பயன்தொடக்க நிலை காணும் முறைகள்

ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்தி, அதைச் சரி பார்க்கும் பரிசோதனைகளில் ஒளிமின் பயன்தொடக்க அதிர் வெண் காணும் முறை முன்பே விவரிக்கப்பட்டுள்ளது. இம் முறையில் ν_0 -ஐக் கண்டுபிடிக்க ஒற்றைநிற ஒளியால் உலோகப் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் பெரும அளவு வெளிப்படும் ஆற்றல் அல்லது அவற்றை நிறுத்தும் மின்னழுத்தம் அளவிடப்படுகிறது. தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தத்திற்குத் திருத்தப்பட்ட நிறுத்தும் மின்னழுத்தத்திற்கும், அதிர்வெண் ணுக்கும் வரையப்பட்ட நேர்க்கோடு (படம் 3.7) அதிர்வெண்

அச்சை வெட்டும் புள்ளி ν_0 - யின் மதிப்பைக் கொடுக்கிறது. இந்த முறைக்கு 'நிறுத்தும் மின்னழுத்த முறை' என்பது பெயர். ஆனால், இதற்கு மிகுந்த முன்னெச்சரிக்கை எடுக்கவேண்டி யிருப்பதால், ν_0 காண வேறு முறைகள் கையாளப்படுகின்றன.

நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோடுகளிலிருந்து ν_0 காணும் முறை

இந்த முறைதான் நடைமுறையில் மிகுதியாகக் கையாளப் படுகிறது. இதைப் படம் 4. 2 - லிருந்து எளிதில் புரிந்துகொள்ள



படம் 4. 3

நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோட்டைக் கொண்டு ν_0 காணுதல். இடையீடுள்ள கோடு சிதறிய ஒளியின் விளைவைக் காட்டுகிறது.

லாம். கொடுக்கப்பட்டுள்ள உலோகப் பரப்பிற்கு வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்கான ஒளிமின் இளகுநிலை அளவிடப்பட்டால்,

அந்த அளவுகளை ஒரு நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோடாக வரையலாம். அந்த வளைகோடு நீட்டப்படும்போது, அது அதிர்வெண் அச்சைத் தொடும் புள்ளி ν_0 - யின் அளவைக் கொடுக்கிறது. நடைமுறையில் ஒளிமின் இளகு நிலைக்கும் ஒளியின் அலைநீளத்திற்கும் வரையப்படும் வளைகோடு படம் 4. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கோடுகள் அலைநீள அச்சைத் தொடும் புள்ளிகள் மிகுநீள அலைவெல்லையான λ_0 - ஐக் கொடுக்கின்றன. இந்தப் பரிசோதனையில் சிதறிய ஒளி வடிகட்டப்பட வேண்டும். இல்லையென்றால் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோலப் பயன்தொடக்க அலைநீளம் உண்மை நீளத்தைவிட மிகுந்த நீளமுள்ளதாகக் காட்டப்படும்.

இந்த முறைகளைத் தவிர, ராய் (S. C. Roy), சுகர்மென் (Suhrman) ஆகியோர் தனித்தனியே முறையே,

$$I = A_1 T^2 e^{\frac{-A\nu_0}{kT}} = A_1 T^2 e^{\frac{-\nu}{T}} \quad \text{(ரிச்சர்ட்சன் சமன்பாடு)}$$

$$I = \int_0^\infty F(\nu) E(\nu)\, d\nu \quad \text{(நிறமாலைப் பகிர்வுச் சமன்பாடு)}$$

என்பவற்றைப் பயன்படுத்தி வெவ்வேறு வளைகோடுகள் வரைந்து அவற்றிலிருந்து ν_0 - யின் மதிப்பைக் கணக்கிட்டார்கள்.

உலோகங்களின் பயன்தொடக்க நிலை

ஓர் உலோகப் பரப்பின் எலெக்ட்ரான் வெளியேற்று ஆற்றல், பரப்பின் வெளி அடுக்கிலுள்ள அணுக்களைப் பொறுத்தது; அஃதாவது பரப்பின் புறத் தன்மை அதன் பயன்தொடக்க நிலைபற்றி அறிய உதவுகிறது. உண்மையில், சாதாரண நிலைகளில் காணும் பயன்தொடக்க நிலை, உலோகத்தின் தன்மையைப் பொறுத்ததன்று; ஆனால், உலோகப் பரப்பின் அப்போதைய நிலையையும் அதன் முந்தைய வரலாற்றையும் பொறுத்து அமைகிறது. பரப்பின் மேலுள்ள வாயுவின் அளவில் சிறு மாறுதல் ஏற்பட்டாலும், உலோகத்தின் பயன்தொடக்க அலைவெல்லை பெருமளவுக்கு மாறுபடுகிறது. ஆகவே, உலோகத்தின் வெளியேற்று ஆற்றலை மாறுபடச் செய்யும் காரணங்கள் யாவை எனத் தெரிந்துகொள்ளுவது இன்றியமையாததாகிறது.

ஒளிமின் சோர்வு

புதிதாகச் சீவப்பட்டுக் காற்றில் வைக்கப்பட்ட துத்தநாகத் தகட்டிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிமின்னோட்டம் நாளாக ஆகக்

குறைந்து முடிவில் சுழியாகிறது என்பதை ஹால்வாக்ஸ், அவருடைய தொடக்க ஆய்வுகளிலேயே கண்டார். பரப்பு, இருட்டில் இல்லாமல் தொடர்ந்து ஒளியில் வைக்கப்படும்போது, இந்த ஒளிமின்னோட்டம் குறையும் தன்மை விரைவுபடுத்தப்படு கிறது. ஆகவே, இதற்கு **'ஒளிமின் சோர்வு'** (photoelectric fatigue) என்று பெயரிடப்பட்டது.

இருபதாம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் காற்றிலும் மற்ற வாயுக்களிலும் வளிமண்டல அழுத்தத்தில் ஒளிமின் சோர்வின் காரணங்களைக் காணுவதற்காகச் செய்யப்பட்ட பரிசோதனை களும் ஹால்வாக்ஸின் முடிவுகளை உறுதிப்படுத்தின. ஆனால், ஒளிமின் சோர்வின் உண்மைக் காரணம், பரப்பு நீண்ட நாட் களுக்கு ஒளியில் வைக்கப்படுவது அன்று என்றும், பரப்புகள் அவற்றைச் சுற்றியுள்ள வாயுவை உறிஞ்சி அடக்கிக் கொள்வதே (occlusion) ஆகும் என்றும் ஹால்வாக்ஸ் முதன்முதலில் சுட்டிக் காட்டினார். ஒளிமின் சோர்வு அதிகரிப்பது ஓசோன் அல்லது H_2O_2 உண்டாக்கப்படுவது போன்ற ஒளியின் வேதியியல் வினைகளின் காரணமாகத்தான் என்பது பரிசோதனைகள் மூலம் தெரிகிறது. ஏனெனில், வெற்றிடங்களில் செய்யப்பட்ட ஆய்வுகளிலும் ஒளி மின் சோர்வு காணப்பட்டது. இவை உண்மைச் சோர்வன்று. ஆனால், இவை கலத்தின் சுவர்களிலும் உலோகப் பரப்பிலும் உறிஞ்சி உள்ளடக்கிக் கொள்ளப்பட்ட எஞ்சிய வாயுக்களினால் ஏற்படுவது.

ஆனால், மிக முழுமையான வெற்றிடத்தில் வைக்கப்படும் மிகத் தூய்மையான உலோகப் பரப்பு ஒளிமின் சோர்வு பெறுவ தில்லை என்பது இப்போது மெய்ப்பிக்கப்பட்டுள்ளது. ஆகவே, உண்மையில் ஒளிமின் சோர்வு என்ற ஒன்று இல்லை. ஆனால், ஒரு பரப்பில் உடனுக்குடன் ஏற்படும் அதன் ஒளிமின் பண்பு மாற்றங்கள் ஒளிமின் சோர்வு என்றே கூறப்படுகின்றன.

ஒளிமின் வினைவிற்கு வாயு தேவையா?

கி.பி. 1914 வரை ஃபிரடென்ஹேகன் (Fredenhagen), வீட் மென்—ஹால்வாக்ஸ் (Wiedmann and Halwachs), குஸ்ட்னெர் (Kustner) ஆகியோர் பொட்டாசியம், துத்தநாகம் போன்ற உலோகப் பரப்புகளைப் புதிதாகச் சீவி வெற்றிடத்தில் வைத்து, அல்லது உலோகங்களைத் திரும்பத் திரும்ப வடிகட்டி வாயுக்களை நீக்கும்போது, பொதுவாகப் பயன்படுத்தப்படும் ஒளிமூலங்களின் ஒளியில் அவற்றின் ஒளி மின்னுணர்வு மிகுதியாகக் குறைகிறது எனக் கண்டுபிடித்தனர். ரிச்சர்ட்சன், வில்சன் போன்றவர்கள்

வாயுக்களை நீக்குவதால் பிளாட்டினத்தில் வெப்ப அயனி மின்னோட்டம் (thermionic current) குறைகிறது என்றும், வாயு நீக்கப்பட்ட துத்தநாகப் பரப்பின் எதிர்மின் தன்மை, வாயு நிறைந்த பரப்புகளின் எதிர்மின் தன்மையைவிட மிகுதியானது என்றும் கண்டுபிடித்தனர். மேற்கூறிய ஒன்றுடன் ஒன்று இணைந்த மூன்று விளைவுகளும் வாயுக்கள் உள்ளமையால் ஏற்படுகின்றன என்றும், வாயுக்களை நீக்கினால் இந்த விளைவுகளும் மறைந்து விடுகின்றன என்றும் மெய்ப்பிக்கும் வகையில் பல பரிசோதனைகள் செய்யப்பட்டன.

இவற்றில் வெப்ப அயனி விளைவு, வாயுக்கள் இல்லாமலே டங்ஸ்டனிலிருந்து பெறப்படுகிறது என்பதைப் பரிசோதனை மூலம் லேங்மூயரும் (Langmuir), கோட்பாட்டியலாக (theorotically) ரிச்சர்ட்சனும் காண்பித்தனர். பிற்காலத்திய பரிசோதனைகள் மூலம் நடைமுறையில் முழு வெற்றிடமாக்கப்பட்ட இடத்தில் வைக்கப்பட்ட பொட்டாசியம், துத்தநாகம் போன்றவை ஒளிமின் விளைவை உண்டாக்குவதைக் காட்டின. ஆகவே, ஒளிமின் விளைவிற்கு வாயுக்கள் இருப்பது தேவையில்லை என்ற முடிவுக்கு வரமுடிந்தது. ஆனால், வாயுக்கள் இருப்பது உலோகங்களின் பயன்தொடக்க நிலைகளை மாறுபாடடையச் செய்கிறது.

பரிசோதனை மூலம் ரிச்சர்ட்சன், யங் இருவரும் கொடுக்கப்பட்ட சில நிலைகளில் சோடியம், பொட்டாசியம் போன்றவற்றிற்கு இரு பயன்தொடக்க நிலை (double threshold) இருப்பதைக் கண்டனர். வாயுவில் உள்ள காரப் பொருள்களின் ஒளிமின் பண்புகளைப் பார்க்கும்போது, தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவு (selective photoelectric effect) காணப்பட்டது. பல பரிசோதனைகள் மூலம், உலோகங்களின் ஒளிமின் பண்புகள் அவற்றின் மேலுள்ள வாயுக்களின் அழுத்தத்தைவிட அவற்றின் பரப்புகளில் உள்ளடங்கிய வாயுக்களின் அளவைப் பொறுத்தது என்பது தெளிவாயிற்று. மேலும், உலோகப் பரப்பை வாயுக்கள் சூழும்போது அணுக்களுக்கும் எலெக்ட்ரான்களுக்கும் இடையிலுள்ள பிணைப்பு விசை (binding force) குறைந்து, மிகுதியான எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன என்றும் தெரிய வந்தது. வெப்பநிலை குறையும்போது ஒளிமின் விளைவு குறைகிறது; வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது ஒளிமின் விளைவும் அதிகரிக்கிறது.

5. ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல், நிறமாலைப் பகிர்வுகள்

(அ) ஆற்றல் பகிர்வு

ஒரு பரப்பின் ஒளிமின் பண்புகளை விளக்குவதற்கு அப் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசை வேகப் பகிர்வுச் சார்பு மிக முக்கியமானது என்பது முன்னரே கூறப்பட்டது. ψ என்ற இந்தச் சார்பு,

$$dn = \psi\ (\nu, v)\ dv$$

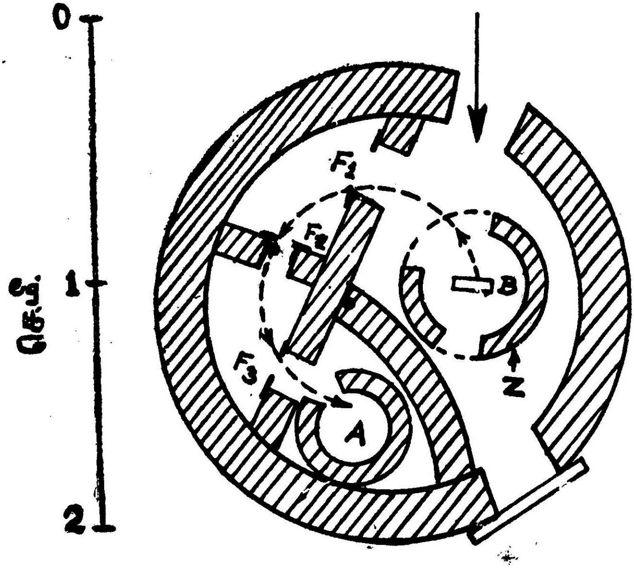
என்ற சமன்பாட்டால் குறிக்கப்பட்டது. இந்தச் சார்புடன் மிகவும் ஒத்த, ஆனல் பரிசோதனைப்படி நேரடிச் சிறப்பு வாய்ந்த ஆற்றல் பகிர்வுச் சார்பு ϕ என்பது,

$$dN = \phi\ (\nu, v)\ dv$$

என்ற சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படுகிறது. இதில் dN என்பது dv இயக்க ஆற்றல் நெடுக்கத்தினுள் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான் களின் எண்ணிக்கையாகும். v வழக்கமாக எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டுகளில் அளக்கப்படுகிறது. ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டைக் கொண்டு, எலெக்ட்ரான்களின் பெரும வெளிப்படு ஆற்றலைக் கணக்கிட்டு, ஆற்றல் பகிர்வுச் சார்பை அளக்கும் பரிசோதனை களில் ஏற்படும் இடையூறுகள் முன்பே விவரிக்கப்பட்டுள்ளன.

உலோகப் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான் களின் இயக்க ஆற்றலை அளக்க இருவகை முறைகள் உள்ளன. அவை, காந்த விலக்க முறை, வேகங்குறைப்பு மின்னழுத்த முறை என்பவையாகும். காந்த விலக்க முறையில், கிளெம்பெரர் (klemperer) கையாண்ட ஆய்கருவி படம் 5. 1 - ல் காட்டப்பட் டுள்ளது. அந்தக் கருவி 16 மில்லி மீட்டர் நீளமும், 10 மில்லி மீட்டர் ஆரமும் கொண்ட, இரு பக்கமும் மூடப்பட்ட, ஒரு குறுகிய உருளையால் ஆனது. அந்த உருளை படத்தில் காட்டி யுள்ளதுபோலப் பல பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. பிளவின்

வழியாக நுழையும் ஒளி, *B* என்ற தட்டிலிருந்து ஒளி எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றுகிறது. படத்தின் தளத்திற்கு நேர்க்குத்தாகச் செயல்படும் ஒரு காந்தப் புலத்தினுல், அவை வட்டப் பாதையில் செல்லும்படி இயக்கப்படுகின்றன. அவற்றில், குறிப்பிட்ட திசைவேகம் கொண்ட எலெக்ட்ரான்கள் F_1, F_2, F_3 என்ற பிளவுகளின் வழியாகச் சென்று *A* என்ற ஏற்றுக் கொள்ளும் அறையை அடைகின்றன. உருளை வடிவிலுள்ள *A* ஓர் எலெக்ட்ராமீட்டருடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. *A* - யை அடையும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை எலெக்ட்ராமீட்டரின் அளவீடுகளி



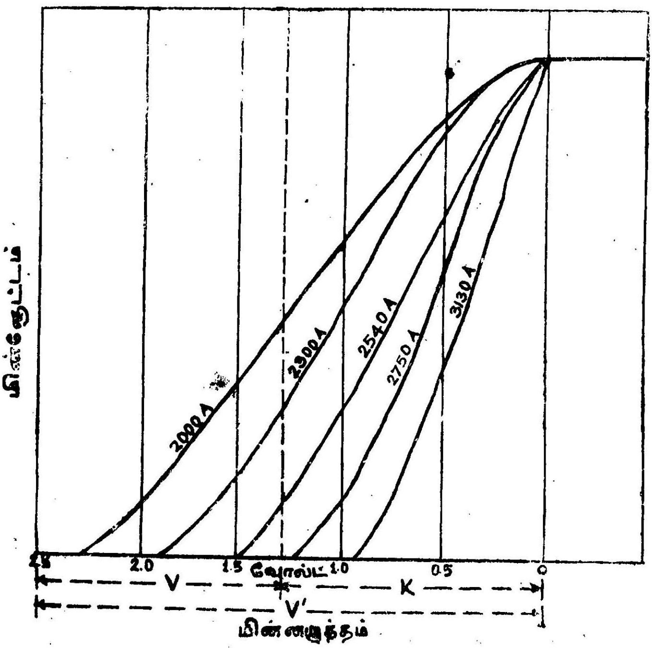
படம் 5. 1
கிளெம்பெரர் ஆய்கருவி.

லிருந்து கணக்கிடப்படுகிறது. *A* - யை அடையும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும் காந்தப்புல வலிமைக்கும் வரையப்படும் வளைகோடு, நேரடியாகத் திசைவேகப் பகிர்வு வளைகோட்டைக் (velocity distribution curve) கொடுக்கிறது.

கிளெம்பெரர் ஆய்கருவியிலுள்ள Z என்ற தட்டிற்கு வேகங் குறைப்பு மின்னழுத்தத்தைக் கொடுத்தால், இதே கருவியைக் கொண்டு திசைவேகப் பகிர்வுச் சார்பை, வேகங் குறைப்பு மின்னழுத்த முறையில் காணமுடியும். இந்தக் கருவியில் எலெக்ட்ராமீட்டருக்கு மிகுந்த மின்னேட்டம் கொடுக்கப்படுவதற்காகப் பிளவுகளை அகலப்படுத்த வேண்டும். இதனுல்

கருவியின் பகுதிறன் (resolving power) குறைக்கப்படுகிறது. மேலும், கருவியின் சுவர்களில் ஏற்படும் பன்முக எதிரொளிப்பால் கருவி ஏற்றுக்கொள்ளும் திசைவேகத்தைவிட மிகுதியான அல்லது குறைந்த திசைவேகம் உள்ள எலெக்ட்ரான்களும்கூட ஏற்றுக்கொள்ளும் அறையினுள் செல்லுகின்றன. இந்த இரு குறைகளும், சுழி திசைவேகமோ அல்லது பெரும திசைவேகமோ உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றலைக் கணக்கிடும்போது, கருவியின் துல்லியத் தன்மையைக் குறைக்கின்றன.

வேகங் குறைப்பு மின்னழுத்த முறையில் ஓர் உலோகத் தட்டிலிருந்து கிடைக்கும் ஒளி மின்னோட்டத்திற்கும் எலெக்ட்ரான்களை ஏற்கும் மின்வாய்க்கும் இடையிலுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்கும் வரைபடம் வரையப்படுகிறது. இது படம் 5.2-ல் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது போன்ற மின்னழுத்த—மின்னோட்ட வளை

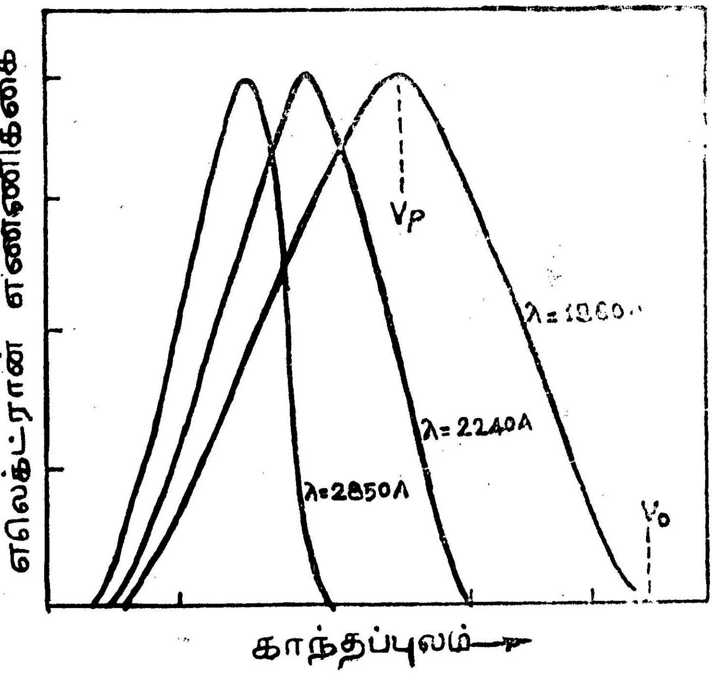


படம் 5. 2
மின்னழுத்த—மின்னோட்ட வளைகோடு.

கோடாக அமைகிறது. இந்த வளைகோடுகளின் அமைப்பு ஏற்றுக் கொள்ளும் மின்வாயின் வடிவம், அது வெளிவிடும் பரப்பிலிருந்து

அமைக்கப்பட்டுள்ள இடம் ஆகியவற்றை மிகவும் பொறுத்தது. ஆகவே, இந்த முறை மிகவும் சீர்திருத்தப்பட்டுள்ளது.

காந்த விலக்கல் முறையில் ராம்சாயெர் (**Ramsauer**) துத்த நாகப் பரப்பிற்கு வரைந்த திசைவேகப் பகிர்வு வளைகோடுகள் படம் 5. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. அதில், ஏற்றுக்கொள்ளும் மின்வாயை அடையும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும், காந்தப்



படம் 5. 3
திசைவேகப் பகிர்வு வளைகோடு (ராம்சாயெர்).

புலத்தின் வலிமைக்கும் வரைபடம் வரையப்பட்டுள்ளது. இந்த வளைகோடுகள் திசைவேகப் பகிர்வுச் சார்பின் சிறப்புப் பண்புகளைத் தெளிவாகக் காட்டுகின்றன. அஃதாவது,

1. O - விலிருந்து பெரும அளவான v_0 வரை திசைவேகம் பெற்றுள்ள சில எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன.
2. நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட நிகழ்திறத் திசைவேகம் V_p உள்ளது.

3. திசைவேகம் சுழியாகவோ பெரும அளவாகவோ உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் மிகக் குறைவு.

4. ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டுப்படி அலைநீளம் குறையக் குறையப் பெரும அளவு திசைவேகத்தின் மதிப்பு அதிகரிக்கிறது.

வெளிவிடு திசை

திடப்பொருள்களின் பரப்பின்மேல் பாதரச வில் விளக்கின் ஒளி விழுவதால் பரப்பிற்கு நேர்க்குத்துத் திசையிலும் 45° யிலும் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகப் பகிர்வு வளை கோடுகளை ராம்சாயெர் ஆய்ந்தார். இரண்டு வளைகோடுகளும் ஒன்றியிருந்தன. மேலும், ஒளியின் படுகோணம் O - விலிருந்து 45° வரை மாற்றப்பட்டபோது வளைகோடுகள் சிறிதும் பாதிக்கப் படவில்லை. ஆகவே, ஒளியின் படுகோணமோ அல்லது எலெக்ட் ரான்கள் விடுபடும் திசையோ (direction of emission) ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகப் பகிர்வை மாற்றுவதில்லை என்பது புலப்படுகிறது. இதனை ஹெரால்டு செய்த இப்போதைய பரிசோதனைகளும் மெய்ப்பிக்கின்றன.

ஏட்டின் தடிப்பு

எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகப் பகிர்வுச் சார்பு, எலெக்ட் ரான்கள் விடுபடும் உலோக ஏட்டின் தடிப்பைப் (film thickness) பொறுத்தது என்பது பரிசோதனைகள் மூலம் தெரியவந்தது. உலோக ஏட்டின் தடிப்பு ஒரு மாறுநிலை அளவை அடையும் வரையில் இரண்டிற்கும் எந்தத் தொடர்பும் இல்லையென்றும், அந்த அளவைவிடக் குறைந்த பிறகு, வளைகோடுகள் மிகவும் மாறு படுகின்றன என்றும் காணப்பட்டது. இந்த மாறுநிலைத் தடிப்பு 5×10^{-6} சென்டி மீட்டர் மதிப்புடையதாகக் கணக்கிடப்பட்டது. இந்த மாறுபாட்டுக்குக் காரணம், தடிப்புக் குறைவான ஏடுகளில் வீசுகதிரின் ஆற்றலை உட்கவர்ந்த எலெக்ட்ரான் விடுபடுவதற்குக் கடக்க வேண்டிய தொலைவு மிகக் குறைவானதால், அது இழக்கும் ஆற்றலும் மிகக் குறைவானது. ஆகவே, வெளிப்படும் எலெக்ட் ரான்களில் மிகுதியானவை, பெரும அளவு திசைவேகத்தைப் பெற்றிருக்கும். தடிப்பு அதிகரிக்க அதிகரிக்க, எலெக்ட்ரான்கள் மிகுந்த தொலைவைக் கடப்பதால், குறைந்த திசைவேகம் பெற்ற வையாக இருக்கும். தடிப்பு மிகவும் அதிகமாக இருந்தால், அந்தத் தொலைவைத் தாண்டி மேற்பரப்புக்கு வரும் எலெக்ட்ரான் களின் எண்ணிக்கை மிகவும் குறைகிறது. ஆகவே ஏட்டின் மாறு நிலைத் தடிப்பு, உலோகத்தின் ஒளிமின் உணர்திறன் உள்ள

அடுக்கின் ஆழமாகும். இஃது ஏறக்குறைய 100 அணுக்களின் ஆழம் என்று காணப்பட்டது. இந்த அளவு சோமர்ஃபீல்டு (Sommerfield) எலெக்ட்ரான் கோட்பாட்டுக்கு ஒத்துள்ளது.

வாயுக்கள்

பரிசோதனைகளின்படி, ஓர் உலோகப் பரப்பின் மேலுள்ள வாயுவின் அளவு மாறுபடும்போது, பெரும வெளிவிடு திசைவிடு வேகம், நிகழ்திறத் திசைவேகம், ஒளிமின் பயன்தொடக்க நிலை, தொடர்பு மின்னழுத்தம் ஆகிய யாவும், ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டுப்படி எதிர்பார்க்கும் விதத்தில் ஒன்றுக மாறுபடுகின்றன எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.

தளவிளைவு

ஒளியின் தளவிளைவினல் ஏற்படும் விளைவுகள் ஆராயப்பட்டன. இறுதியில், ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகப் பகிர்வு வளைகோடுகள் ஒளியின் தளவிளைவைப் பொறுத்து மாறுபடுவதில்லை எனக் காணப்பட்டது.

திசைப் பகிர்வு

ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசைப் பகிர்வுபற்றிப் பல பரிசோதனைகள் செய்யப்பட்டன. அவற்றின் முடிவுகள்:

1. ஓர் உலோகப் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைப் பகிர்வு படுகோணத்தையோ அல்லது படுகதிரின் தளவிளைவுத் தளத்தையோ பொறுத்தில்லாமல், பரப்பின் நேர்க்குத்துக்கு எப்போதும் சமச்சீரானதாக இருக்கும்.
2. நேர்க்குத்தைச் சுற்றியுள்ள அடர்வுநிலை $E\perp$ ஒளியைவிட $E\parallel$ ஒளிக்கு மிகுதியாகவும், நேர்க்குத்துப் படுகையில் தளவிளைவு பெறும் $E\pm$ ஒளிக்குக் குறைவாகவும் இருக்கும்.
3. $E\pm$ ஒளிக்குத் தளவிளைவுத்தளம் சுழற்றப்படும்போது, ஒரு தளத்திலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் திசை பற்றிய பகிர்வு மாறுவதில்லை.

திசைவேகப் பகிர்வு

$$\tfrac{1}{2} m v_m^2 = h\nu - \phi e$$

என்ற ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடு, வெளிவிடு ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் பெரும அளவு திசைவேகத்தைத்தான் கொடுக்கிறது. உண்மை

யில், பெரும அளவு திசைவேகத்துடன் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை மிகமிகக் குறைவு. வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களில் மிக அதிகமானவை, பெரும அளவு திசைவேகத்தைவிடக் குறைவான திசைவேகத்தில் வெளிப்படுகின்றன. இதற்கான காரணங்கள் வருமாறு:

1. தொடக்கத்தில் தன்னிச்சையான (free) எலெக்ட்ரான்கள் உலோகப் பரப்பில் படும் ஒளியிலிருந்து ஒரே அளவு ஆற்றலை உட்கவர்ந்து பரப்பு அடுக்குகளை ஊடுருவும்போது ஒரே அளவு ஆற்றலை இழந்தாலும், உலோகத்தின் வெவ்வேறு ஆழங்களிலிருந்து விடுபடுவதால், மேற்பரப்புக்கு வரும்போது அவை வெவ்வேறான ஆற்றல்களை இழக்கின்றன.
2. தொடக்கத்தில் அணுக்களுடன் கட்டுண்ட எலெக்ட்ரான்கள், அணுக்களிலிருந்து விடுபடும்போது வெவ்வேறு ஆற்றல்களை இழக்கின்றன.
3. உலோகத்தினுள் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் யாவும் ஒளியிலிருந்து ஆற்றலை உட்கவர்வதற்கு முன்பு ஒரே அளவு திசைவேகம் பெற்றிருப்பதில்லையாதலால் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களுக்குத் திசைவேகப் பகிர்வு உள்ளது.

ஆகவே, ஏற்படும் திசைவேகப் பகிர்வு, மேலே கூறப்பட்ட எந்த ஒரு காரணத்தாலும் அல்லது இரண்டு அல்லது எல்லாக் காரணங்களாலும் நிகழலாம். ஆனால் இப்போதைய முடிவுப்படி, ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் உலோகத்தின் தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்களிலிருந்து வருவதால், இரண்டாவது காரணம் முழுமையாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுவதில்லை.

(ஆ) நிறமாலைப் பகிர்வுச் சார்பு

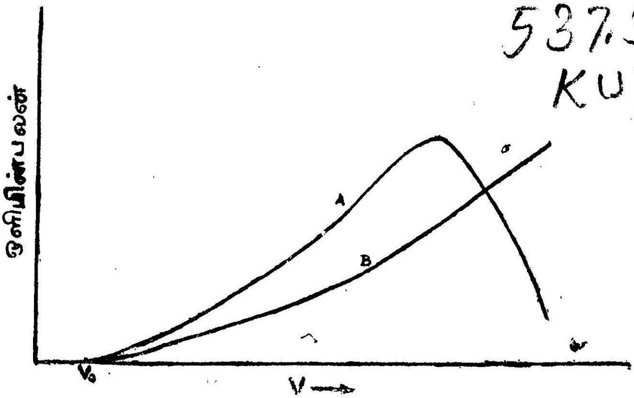
தூய உலோகப் பரப்புகளில் உட்கவரப்பட்ட ஓரலகு ஒளிச் செறிவுக்கு ஏற்படும் ஒளிமின்னோட்டத்திற்கும் ஒளியின் அலை நீளத்திற்கும் உள்ள தொடர்புபற்றிய துல்லியமான அளவீடுகளில் குறிப்பிட்ட சில நிறமாலைகளே பயன்படுத்தப்பட்டன. நிறமாலையின் எல்லா அலைநீளங்களுக்கும் இத் தன்மைகள் எவ்வாறு மாறுபடுகின்றன எனத் தெரியவேண்டியது இன்றியமையாதது. பரப்பு ஒளிமின் விளைவில், உட்கவரப்பட்ட ஒவ்வொரு குவான்டத்திற்கும் ஓர் ஒளி எலெக்ட்ரான் வெளிப்படுவதில்லை. குவான்டத்தின் சரி இணைமாற்றுக்கு ஒரு சதவீதத்தைவிட மிகுதியாக ஒளிமின் பலன் (yield) இருந்ததில்லை. சில சோதனைகளின்படி, ஒவ்வொரு குவான்டமும் ஓர் எலெக்ட்ரானால்

உட்கவரப்படுவதாக எடுத்துக்கொண்டாலும், பெருவாரியான எலெக்ட்ரான்களால் உலோகப் பரப்பைவிட்டு வெளியேற முடிவதில்லை. பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை உட்கவரப்படும் ஒளியின் அலைநீளத்தை மிகவும் பொறுத்துள்ளது. வெவ்வேறு பரப்புகளில், கொடுக்கப்பட்ட ஒளிக்கு உள்ள ஒளிமின் உணர்திறனை (photo sensitiveness) மதிப்பிட அப் பரப்புகளின் நிறமாலைப் பகிர்வுச் சார்பு (spectral distribution function) தெரிவது மிக இன்றியமையாதது.

நிறமாலைப் பகிர்வுச் சார்பு வளைகோடுகளைச் சுழி மின்னோட்டத்திற்கு நீட்டினால் பரப்புகளின் பயன்தொடக்க நிலை தெரிய வரும். ஆகவே, அந்த வளைகோடுகளைப்பற்றிப் பார்க்கலாம்.

பரிசோதனை முடிவுகள்

வெவ்வேறு பரப்புகளுக்காக வரையப்படும் நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோடுகள் அப் பரப்புகளின் தன்மையையும் ஒளியின் தளவிளைவு நிலையையும் பொறுத்தது. படம் 5. 4-ல் *B* என்று குறிக்கப்பட்டுள்ள வளைகோடுகள் "இயல்பு வளைகோடுகள்" (normal curves) எனப்படுகின்றன. இந்த மாதிரியான இயல்பு வளைகோடுகள் பிளாட்டினம், தங்கம், வெள்ளி போன்ற உலோகங்களுக்கு ஒளியின் தளவிளைவையும், படுகோணத்தையும் பொறுத்து அமைவதில்லை. ஆனால், கார உலோகங்களுக்கு

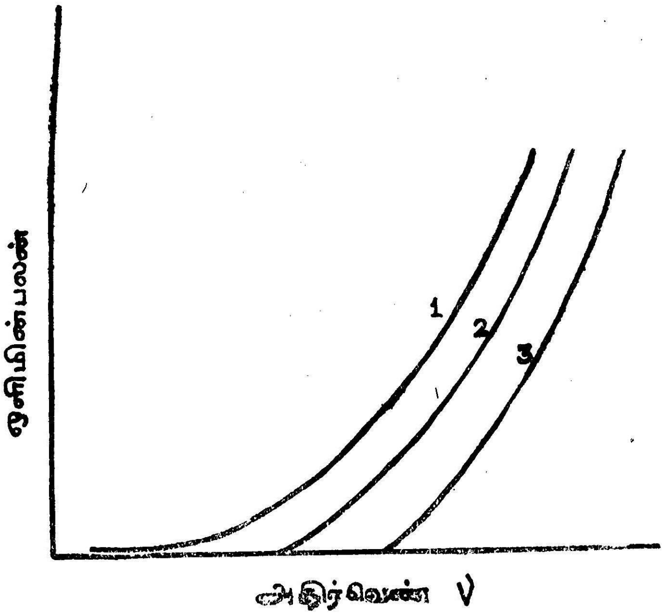


படம் 5. 4
நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோடுகள்.

உலோகப் பரப்பிற்கு இணையாக ஒளியின் மின்[illegible] (Electric vector factor) *E*, தளவிளைவு[illegible]

B போன்ற வளைகோடுகளும், ஒளியின் மின்வெக்டார் கூறு *E* பரப்பிற்கு நேர்க்குத்தாக தளவிளைவுறும் போது *A* போன்ற வளை கோடுகளும் கிடைக்கின்றன. இன்னும் வேறு சில பரப்புகளுக்கு *E* நேர்க்குத்தாக இல்லாவிட்டாலுங்கூட *A* போன்ற வளை கோடுகள் கிடைக்கின்றன.

இப்போது தளவிளைவு பெறாத ஒளிக்குக் கிடைக்கும் இயல்பு வளைகோடுகளின் பண்புகளைப்பற்றிப் பார்க்கலாம். இந்த வளை கோடுகள் பயன்தொடக்க அதிர்வெண் அச்சை ஊடுருவும்



படம் 5. 5
நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோடுகள் அதிர்வெண் அச்சை அணுகும் விதங்கள்.

கூர்மை (sharpness) மிக முக்கியமானது. இது, வெளிவிடு எலெக்ட்ரான்களுக்கு வரையறுக்கப்பட்ட பெரும திசைவேகம் உள்ளது என்னும் உண்மையுடன் தொடர்புள்ளது. இந்த வளை கோடுகள் படம் 5. 5 - ல் காட்டியுள்ளதுபோல :

1 அதிர்வெண் அச்சை வரையறுக்கப்பட்ட பயன்தொடக்க நிலை இல்லாதபடி ஈற்றணுகலாம் (asymptotic approach).

2. அதிர்வெண் அச்சுக்குத் தொடுகோடாகச் செல்லலாம். அல்லது—

3. அதிர்வெண் அச்சை ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் வெட்டலாம்.

ஒளியில் குறை அலைநீளமுள்ள ஒளிக்கற்றை இருந்தால் அதனால் போலி விளைவுகள் உண்டாகி, நிறமாலைப் பகிர்வு வளை கோட்டிற்கு ஈற்றணுகும் தன்மையைக் கொடுக்கலாம். இந்த மாதிரிப் போலி விளைவுகள் தவிர்க்கப்பட்டாலும்கூட, வளை கோடுகள் அதிர்வெண் அச்சைச் சுழி கோணத்தில்தான் நெருங்கு கின்றன. இந்த விளைவு தூய்மையற்ற பரப்புகளிலும், மென் ஏடுகளிலும், கார உலோகங்களிலும் காணப்படுகின்றன. உண்மையில், தூய்மையான உலோகப் பரப்புகளுக்குங்கூட வரையறுக்கப்பட்ட பயன்தொடக்க நிலை இல்லை. எலெக்ட்ரான் களின் வெப்ப ஆற்றலின் காரணமாக $0°A$ தவிர வேறு வெப்ப நிலைகளில் வரையறுக்கப்பட்ட பயன்தொடக்க நிலை காண்பதரிது. பயன்தொடக்க நிலை தெளிவாக இல்லாத நிலை உயர் வெப்பநிலை களில் உள்ளது.

நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோட்டின் பெரும அளவு தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவுடன் (selective effect) இணைந்ததாக இருந்தாலும், ஒளியின் நேர்க்குத்துப் படுகையில் உண்டாகும் இயல்பு விளைவி லும் (normal effect) ஒளி மின்னோட்டம் ஒரு பெரும அளவை அடை கிறது. இந்தப் பெரும அளவு பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணை விட மிகுதியான அதிர்வெண்ணில், அஃதாவது அலுமினியம் போன்ற சில உலோகங்களுக்குப் புற ஊதாவைத் தாண்டிய அதிர்வெண்ணில் நிகழ்கிறது. ரிச்சர்ட்சன் கோட்பாட்டுப்படி இது தொடக்க அதிர்வெண்ணின் $(\frac{3}{2}\nu_0)^{\frac{3}{2}}$ அளவிற்கருகில் நிகழ்கிறது.

அனுபவ விதிகளின்படி நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோடுகளைச் சரிபார்க்க முயன்றபோது வெர்னர் (Werner), பெக்கர் (Becker) ஆகியோரால் கீழ்க்காணும் இரு விதிகள் கொடுக்கப்பட்டன :

$$I = \text{மாறிலி} \times \left(1-\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^2$$

$$I = \text{மாறிலி} \times \left(1-\frac{\lambda}{\lambda_0}\right)^3$$

இவை ஓரளவுக்குத்தான் சரியானவை.

6. நேர்ந்த ஒளிமின் விளைவு

எல்ஸ்டர், கெய்ட்டல் ஆகிய இருவரும் சோடியம்—பொட்டாசியம் கலவையின் பரப்பிலிருந்து கிடைக்கும் ஒளிமின் னேட்டம், அதனை உண்டாக்கும் ஒளியின் தளவிளைவுத் தளத்தை மிகுந்த அளவில் பொறுத்துள்ளது என்பதைக் கண்டுபிடித்தார்கள். பரப்பிற்கு 60° கோணத்தில் படும் கதிர், படும் தளத்திற்கு இணையாக மின் அலைவுகள் இருக்கும்படி தளவிளைவுற்ற ஒளிக்கு உண்டாகும் ஒளி மின்னேட்டம், படும் தளத்திற்கு நேர்க்குத்தாக மின் அலைவுகள் இருக்கும்படி தளவிளைவுற்ற ஒளிக்கு உண்டாகும் ஒளிமின்னேட்டத்தைப் போல அறுபது மடங்கு மிகுதியானதெனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இந்த விளைவு மின் காந்தக் கொள்கைப்படி எளிதில் விளக்கப்பட்டது. அதன்படி தளவிளைவுற்ற ஒளிக்கதிரின் மின்வெக்டார் கூறு உலோகப்பரப்பிற்கு நேர்க்குத்தாக இருக்கும்போது அதனால் பரப்பிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்ற முடியும். ஆனால், குவான்டம் கொள்கைப்படி இந்த விளைவை விளக்க முடியவில்லை. பின்னர், ஃபௌலர் (Fowler) அலையியக்கவியலைக் (wave mechanical theory) கையாண்டு இதனை விளக்கினர்.

ஒரு பரப்பின்மேல் சாய்வாகப் படும் ஒளிக்கதிரின் இரு முக்கியத் தளவிளைவுத் தளங்களை (polarising planes) $E_{\parallel}$ தளம், $E_{\perp}$ தளம் என்று குறிப்பிடுவதுண்டு. $E_{\parallel}$ வகையில், மின் வெக்டார் படுகதிர் தளத்திற்கு இணையாக அதிர்வுறுகிறது. $E_{\perp}$ வகையில் மின் வெக்டார் படுகதிர் தளத்திற்கு நேர்க்குத்தாக அதிர்வுறுகிறது. இதேபோல $I_{\parallel}$, $I_{\perp}$ என்பவை அந்தந்த ஒளி கொடுக்கும் ஒளிமின்னேட்டத்தின் அளவுகளையும், $L_{\parallel}$, $L_{\perp}$ என்பவை அந்தந்தத் தளவிளைவுற்ற கற்றைகளின் ஆற்றலையும் குறிப்பனவாகும்,

பிளாட்டினம், தாமிரம், பாதரசம் ஆகியவற்றின் ஆடிகளி லிருந்து பிரதிபலிக்கும் ஒளியினால் ஏற்படும் விளைவை, போல் (Pohl) ஆராய்ந்தார். அவர்,

$$L \perp = \frac{4\, n \cos \psi}{n^2 (1 + k^2) + 2\, n \cos \psi + \cos^2 \psi}$$

$$L \parallel = \frac{4\, n \cos \psi}{n^2 (1 + k^2) \cos^2 \psi + 2n \cos \psi + 1}$$

என்ற ட்ருட் (Drude) வாய்பாடுகளைப் பயன்படுத்தி உட்கவரப் படும் ஆற்றலின் அளவுகளைக் கணக்கிட்டார். ட்ருட் வாய்பாடு களில், n ஒளி விலகல் எண்ணையும், k உட்கவர் எண்ணையும், ψ படுகோணத்தையும் குறிப்பன. இதனால், எந்தப் படுகோணத் திற்கும்,

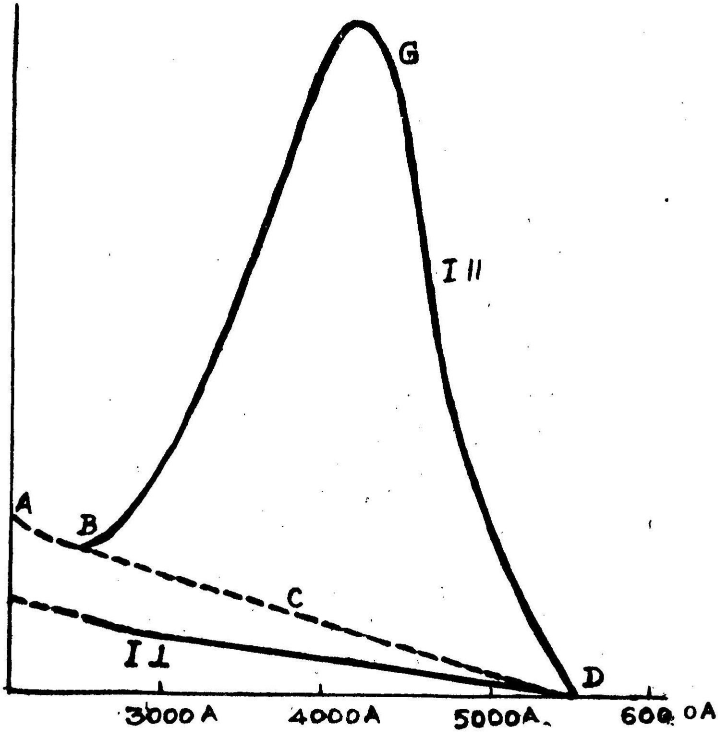
$$\frac{I \parallel}{I \perp} = \frac{L \parallel}{L \perp}$$

என்பதைக் கண்டுபிடித்தார். ஆகவே, ஒளி மின்னோட்டங்களில் ஏற்படும் வேறுபாடு, உட்கவரப்படும் ஒளியின் வேறுபாட்டுடன் தொடர்புள்ளது. ஆனால், சோடியம் - பொட்டாசியம் கலவை போன்ற நன்கு பிரதிபலிக்கும் பரப்புகளுக்கு $I \parallel / I \perp$ - ன் விகிதம் மிக அதிகமானது என எல்ஸ்டர் - கெய்ட்டர் கண்டுபிடித்தனர். போல், பிரிங்ஸ்ஹைம் (Pohl and Pringsheim) ஆகியோரும் இதனை உறுதிசெய்தனர். மேலும், சோடியம் - பொட்டாசியம் கலவைக்கு $I \parallel$, $I \perp$ இரண்டும் படம் 6.1 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல, அலை நீளங்களைப் பொறுத்து மாறுபடுவதை அவர்கள் கண்டார்கள்.

அவர்கள், அலைநீளம் குறையக் குறையச் சீராக அதிகரிக்கும் பயனை (படம் 6.1 - ல் $I \perp$) இயல்பான விளைவு (normal effect) என்று கருதினர்; படம் 6.1 - ல் $I \parallel$ ஏதோ இன்னொரு தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவு (selective photoelectric effect) இருப்பதை உணர்த்துகிறது என்றும் கருதினர். படத்தில் ABGD என்ற வளைகோடு தேர்ந்த விளைவினால் ஆனது என்றும், அஃது இயல்பு விளைவு வளைகோடான ABCD யுடன் மேற்பொருந்துகிறது என்றும் வைத்துக்கொண்டால், தேர்ந்த விளைவு வளைகோடுகள் படுகோணங்களைப் பொறுத்து எவ்வாறு அமைகின்றன என்பதைப் படம் 6.2 காட்டுகிறது.

இந்த இரு விளைவுகளும் சேர்ந்தே உண்டாகின்றன என எண்பிக்க முடியாவிட்டாலும், அவை உண்டாவதற்கு இரு காரணங்களைக் கூறமுடியும்,

1. தளவிளைவுத் தேர்திறன் (polarisation selectivity): அஃதாவது $I_{\parallel}/I_{\perp}$ -ன் மதிப்பு $L_{\parallel}/L_{\perp}$ -ன் மதிப்பைவிட அதிகரிக்கும்போது இந்தத் தளவிளைவுத் தேர்திறன் உள்ளது. படு

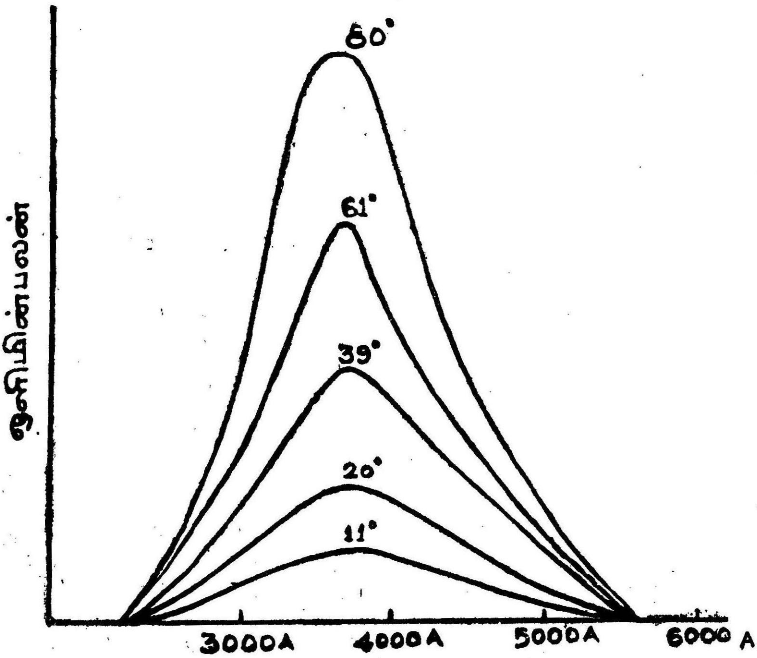


படம் 6. 1
தளவிளைவுற்ற ஒளி சாய்வாகப் படும்போது
சோடியம் - பொட்டாசியம் கலப்பு உலோகத்தின்
ஒளிமின்னோட்டம்.

கோணம் O - ஐ அணுகும்போது $E_{\parallel}$ - க்கும் $E_{\perp}$ - க்கும் உள்ள வேறுபாடு மறைகிறது. (ஆகவே தளவிளைவுத் தேர்திறன் சோதனைகள் 40° - லிருந்து 80° வரை படுகோணம் இருக்கும்போது செய்யப்படுகின்றன.)

2. நிறமாலைத் தேர்திறன் (spectral selectivity): ஒளிமின் பலன் - அலைநீளம் வரைபடத்தில் பெரும அளவு பலன் உள்ள போது இந்த நிறமாலைத் தேர்திறன் உள்ளது. இந்தப் பெரும அளவு பலன் $E_{\parallel}$ வளைகோட்டில் மட்டுமோ அல்லது $E_{\parallel}$, $E_{\perp}$ வளைகோடுகள் இரண்டிலுமோ ஏற்படலாம். புரிசோதனைப்படி,

பகுபடாத ஒளிக்குக் கிடைக்கும் நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோடுகளில், திடீரெனப் பெரும அளவு ஏற்படுவது E ‖ கூறினால்தான் எனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.



படம் 6. 2
வெவ்வேறு படுகோணங்களுக்குச்
சோடியம் - பொட்டாசியம் கலப்பு உலோகத்தின் தேர்ந்த
ஒளிமின் விளைவு.

பல பரிசோதனை முடிவுகளின்படி, தளவிளைவுத் தேர்திறனுடன் நிறமாலைத் தேர்திறனும் எப்போதும் இணைந்தே உள்ளது. தூய உலோகங்களின்மேல் அமைந்த மெல்லிய கார உலோக ஏடுகளில் தளவிளைவுத் தேர்திறன் இருந்தும் நிறமாலைத் தேர்திறன் இல்லையென ஐவ்ஸ் (Ives) கூறினார். ஆனால், பிளாட்டினத்தின்மேல் அமைந்த பொட்டாசியத்தின் மெல்லிய ஏட்டில் புற ஊதா நிறமாலைத் தேர்திறன் இருப்பதைச் சுகர்மென், தீஸ்ஸிங் (Suhrmann and Thessing) ஆகிய இருவரும் கண்டுபிடித்தனர். ஆகவே, தூய உலோகப் பரப்பின்மேல் அமைந்த மெல்லிய கார உலோக ஏடுகளுக்கும் நிறமாலைத் தேர்திறன் உள்ளது. பரப்புகள் முழுமையாகத் தட்டையாக இல்லாததால்

அவற்றில் நிறமாலைத் தேர்திறனை மட்டும் காணமுடிகிறது; அதனுடன் சேர்ந்தே உண்டாகும் தளவிளைவுத் தேர்திறனைக் காண முடிவதில்லை. பரிசோதனைகள் மூலம், எங்கெங்கு நிறமாலைத் தேர்திறன் பெரும அளவு பெறுகிறதோ அங்கெல்லாம் தளவிளைவுத் தேர்திறன் உள்ளது என்று கூறலாம்.

பல உலோகங்களுக்கு அவற்றின் பயன்தொடக்க அலை நீளங்கள் எந்த வரிசையில் அமைகின்றனவோ அதேமாதிரி தேர்ந்த ஒளிமின் பலன்களும் உண்டாகின்றன. மேலும், தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவின் அலைநீளம், அந்த உலோகங்களின் பயன் தொடக்க அலைநீளங்களின் 2/3 அளவாகும். இது ரிச்சர்ட்சன் கொள்கைப்படி, ஒளியின் தளவிளைவைக் கொள்ளாமல் பெறப் பட்ட அளவு ஆகும்.

பரப்புகளின்மேல் நெருக்கமாக இல்லாத ஓரணு அடுக்கு உள்ளவாறு கார உலோகம் இருக்கும்போதுதான், மெல்லிய ஏடுகளுக்குப் பெரும அளவு ஒளிமின்னோட்டமும், நிறமாலைத்தேர் திறனும், தளவிளைவுத் தேர்திறனும் நிகழ்கின்றன. அப்படிப்பட்ட ஏடுகளிலிருந்து சுகர்மென் — தீஸ்ஸிங் இருவரும் 14 குவான்டம் ஆற்றலுக்கு ஓர் எலெக்ட்ரான் வீதம் பெற்றனர். (எலெக்ட் ரான்கள் மின் வெக்டாரைத் தொடர்ந்து வெளியே பாதி அளவும் உள்நோக்கி இன்னொரு பாதியும் செல்கின்றன என்று எடுத்துக் கொண்டால் 7 குவான்டம் ஆற்றலுக்கு ஓர் எலெக்ட்ரான் வெளிப் படும்.)

உலோகத்தினுள் ஒளி ஊடுருவும் நியதிப்படி, ஒளி ஏறத்தாழ நூறு அணு அடுக்குகளைத் தாண்டும்போதுதான் அது முழுவதும் உட்கவரப்படுகிறது. ஆனால், சுகர்மென் — தீஸ்ஸிங் பரிசோதனைகளில் உட்கவரப்படும் குவான்டங்களுக்கு மிக அதிக எண்ணிக்கையுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. ஆகவே, கார உலோகங்கள் அமைந்த தூய உலோகங்களி லிருந்தே முக்கியமாக ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. நெருக்கமற்ற கார உலோக அணுக்கள் வெளிவரும் ஒளி எலெக்ட் ரான்களின் வெளியேற்று ஆற்றலைக் குறைப்பதற்கே பயன் படுகின்றன. இதனால் ஏடுமின் காப்பான் (insulator) கூடப் புற ஊதாவுக்கு ஒளிமின் உணர்வுள்ளதாக ஆகிறது; அதன்மேல் உள்ள கார உலோக ஏடு, எலெக்ட்ரான்களின் வெளியேற்று ஆற்றலைக் குறைக்கிறது.

7. வெளிவிடு ஒளிமின் விளைவு

ஒளிமின் விளைவுபற்றிச் செய்யப்பட்ட பல பரிசோதனைகளையும் அவற்றின் முடிவுகளையும் இதுவரை பார்த்தோம். இப்போது, ஒளிமின் விளைவிற்காக வெவ்வேறு காலங்களில் கொடுக்கப்பட்ட கொள்கை விளக்கங்களைப் பார்ப்போம்.

தொடக்கத்தில், இவ் விளைவை விளக்குவதற்குத் துகள் கொள்கையின் அடிப்படையில் பெறப்பட்ட ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டைப் பார்த்தோம். இந்தச் சமன்பாட்டைப் பழமையான அலைக் கொள்கையின் அடிப்படையில் விளக்க முடியாது. ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டைச் சோதனை மூலம் சரிபார்ப்பது, குவான்டம் கொள்கையின் உண்மையை உறுதிப்படுத்துவதாக அமைகிறது. ஆனால், இப்போது எலெக்ட்ரான்களுக்கு அலைப் பண்புகளை அளித்தால் ஒளியின் அலைக் கொள்கையின் அடிப்படையில் ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டைப் பெறமுடியும் எனக் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஆகவே, ஒளியையும் எலெக்ட்ரான்களையும் துகள்களாக எடுத்துக்கொண்டோ அல்லது அலைகளாக எடுத்துக்கொண்டோ ஒளிமின் விளைவையும், அதனுடன் நெருங்கிய காம்ப்டன் விளைவையும் (Compton effect) விளக்க முடியும்.

ஓர் உலோகப் பரப்பிலிருந்து கிடைக்கும் வெளிவிடு ஒளிமின் விளைவை முழுமையாக விளக்க, வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை, திசைவேகம், திசைவேகப் பகிர்வு, ஆகியவை ஒளியின் அதிர்வெண், தளவிளைவு நிலைகளை எப்படிப் பொறுத்துள்ளன என்பதையும், பரப்பின் தன்மை, வெப்பநிலை ஆகியவற்றையும் நன்கு தெரிந்துகொள்ளவேண்டும். ஆகவே, ஒளிமின் விளைவின் முழுமையான கொள்கை விளக்கம் மிகச் சிக்கலானது.

தொடக்கத்தில் வீசுகதிருக்கும் எலெக்ட்ரானுக்கும் இடையில் ஏற்படும் உள்நிகழ்ச்சிபற்றித் தெரியவேண்டும். ஆகவே,

வீசுகதிருக்கும் உலோகத்தினுள் இருக்கும் எலெக்ட்ரான்களுக்குமான ஒரு வரையறுக்கப்பட்ட கொள்கையைக் கையாளவேண்டும். ஆகவே, ஒளிமின் விளைவைப்பற்றி அறிய முதலில் எலெக்ட்ரான்களைப்பற்றி நன்கு அறிந்துகொள்ளவேண்டும். ஆகவே, ஒளிமின் விளைவிற்குக் கி.பி. 1927ஆம் ஆண்டு வரை ஒப்புக்கொள்ளப்பட்ட கொள்கைகளைப்பற்றி முதலிலும், பிறகு பௌலி, சோமர்ஃபீல்டு (Pauli and Sommerfield) ஆகியோர் கொடுத்த புதிய கொள்கை விளக்கங்களைப்பற்றி இரண்டாவதாகவும் பார்ப்போம்.

1. மிகப் பழமையான கொள்கைகள்

உலோகங்களில் கடத்தல்பற்றி ரிக்கே (Riecke), ட்ரூட் (Drude), லொரென்ட்ஸ் (Lorentz) போன்றவர்களால் மூலக் கொள்கைகள் கொடுக்கப்பட்டன. இந்தக் கொள்கைகளில் இரு தற்கோள்கள் எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டன. முதலாவதாக, ஓர் உலோகத்தினுள் தன்னிச்சையாக உள்ள எலெக்ட்ரான்களின் (free electrons) கூட்டம் உள்ளது. இந்தத் தன்னிச்சை எலெக்ட்ரான்களே உலோகத்தின் மின்பண்பிற்கும் வெப்பப் பண்பிற்கும் காரணமாகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் உலோகத்தின் அணு அமைப்புடன் கட்டுண்டில்லாமல் அணு மையங்களுக்குள்ளே உள்ள இடைவெளியில் தம்மிச்சைப்படி அலைவதால் அப் பெயர் பெற்றன.

இரண்டாவதாக, இந்த எலெக்ட்ரான்கள் அணுக்களுடன் மோதுவதால், அணுக்களின் சராசரி இயக்க ஆற்றலான சமப்பங்கீட்டு ஆற்றலைப் பெறுகின்றன. இந்தச் சராசரி ஆற்றல் மேக்ஸ்வெல் பகிர்வும் பெற்றுள்ளன. ஆகவே, வெப்பநிலை T இருக்கும்போது ஓர் எலெக்ட்ரானுக்கு $3/2\ k\ T$ அளவு வெப்ப ஆற்றல் உள்ளது. இங்கு k என்பது போல்ட்ஸ்மென் (Boltzman) மாறிலி. மின் கடத்தலில், கொடுக்கப்பட்ட மின்புலம் எலெக்ட்ரான்களின் ஒழுங்கற்ற வெப்பத் திசைவேகத்திற்கு, மின்புலத்தில் ஓர் இழுப்பாற்றல் கொடுப்பதாகக் கருதப்பட்டது.

வெப்பக் கடத்தலில் மிகுந்த வெப்பநிலையில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் தம் ஆற்றலை வெப்பநிலை குறைந்துள்ள எலெக்ட்ரான்களுக்கு மாற்றுவதாகக் கருதப்பட்டது. மின் கடத்து திறனுக்கும் வெப்பங் கடத்து திறனுக்கும் உள்ள விகிதம், வீட்மென், பிரென்க் (Wiedmann, Frenk) பரிசோதனைப்படி காணப்பட்ட மாறிலிக்குச் சமமாக இருந்தது. இந்தச் சான்று, பழங்கொள்கையின் வெற்றியாக அமைந்தது. இந்தக் கொள்கையைக்கொண்டு ராலே - ஜீன்ஸ் கதிர்வீச்சு விதியை லொரென்ட்

சும், வெப்ப அயனி வெளிவிடு சமன்பாட்டை ரிச்சர்ட்சனும் மெய்ப்பித்தனர். பல வெப்ப மின் விளைவுகளை விளக்க இந்தக் கொள்கை பயன்பட்டாலும், பரிசோதனை முடிவுகளுக்கு ஒத்த கணக்கீட்டு முடிவுகளை இந்தக் கொள்கையால் கொடுக்க முடிய வில்லை.

வெப்ப எண் தொல்லை

உலோகங்களின் வெப்ப எண்ணை, எலெக்ட்ரான்களின் வெப்ப ஆற்றலை எடுத்துக்கொள்ளாமல், உலோக அணுக் களின் வெப்ப ஆற்றலைமட்டும் வைத்துக்கொண்டு மிகச் சரியாகக் கணக்கிட முடியும். ஓரலகு பரும அளவில் எவ்வளவு அணுக்கள் உள்ளனவோ அதே எண்ணிக்கையில் தன்னிச்சையாக உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் உள்ளன என்பது மிகத்தெளிவானது. ஆகவே, ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரானுக்கும் $3/2\ kT$ ஆற்றல் கொடுக்கப்பட்டால், கணக்கிடப்பட்ட வெப்ப எண் கண்டுபிடிக் கப்பட்ட வெப்ப எண்ணைப்போல் 50 சதவீதம் மிகுதியாக உள்ளது. எலெக்ட்ரான்களுக்கு வெப்ப ஆற்றலே இல்லை என்று வைத்துக்கொண்டால், வெப்ப எண் தொல்லை நீங்குகிறது; ஆனால் வெப்ப, மின் கடத்துந் திறன்களுக்குத் தவறான மதிப்புகள் கிடைக்கின்றன.

ஆகவே இப்போது, எலெக்ட்ரான்களின் வெப்ப ஆற்றல் சுழி அன்று என்றும், அந்த ஆற்றல் வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததன்று என்றும் கருதப்படுகிறது. பரிசோதனைப்படியும் இக் கருத்து சரியாக உள்ளது. கட்டுண்ட எலெக்ட்ரான்களே (bound electrons) ஓர் அணு அமைப்பிலிருந்து மற்றதற்கு மின்னோட்டங் களை எடுத்துச் செல்வதாகவும், அவற்றின் ஆற்றல் அணுக்களுக் கிடையே உள்ள விசையைப் பொறுத்துள்ளதால் வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததன்று என்றும் ஃபிரென்கெல் (Frenkel) தெரிவித்தார். எலெக்ட்ரான்கள் சங்கிலித் தொடர்போல் (ஒவ்வொன்றும் 10^4 எலெக்ட்ரான்களைக் கொண்டது) நகர்ந்து சமப்பங்கீட்டு ஆற்றலை எடுத்துச் செல்லுவதால் எலெக்ட்ரான் வெப்ப எண்ணைப் பாதிப்பதில்லை என ஜே. ஜே. தாம்சன் தெரிவித்தார். இவ்வாறு வெப்ப எண் தொல்லையை நீக்கினார்கள்.

வெப்பநிலையினால் ஏற்படும் மாறுபாடு

சாதாரண நிலைகளில், ஒளிமின் விளைவு வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததன்று என்று மெய்ப்பிக்கப்பட்டுள்ளது. குறைந்த வெப்ப நிலைகளில் கார உலோகங்களும், மிகுந்த வெப்ப நிலை களில் உயர்வெப்பம் ஏற்கும் உலோகங்களும் இதில் அடங்கா.

வெப்ப நிலையினால் ஒளிமின் விளைவில் ஏற்படும் மாறுபாடு உலோகங்களின் எலெக்ட்ரான் ஆற்றலுடன் தொடர்புள்ளது. எந்தக் கொள்கைப்படியும், உலோகப் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரானின் ஆற்றல், ஒளியிலிருந்து உட்கவரப்பட்ட $h\nu$ என்ற ஆற்றல், உலோகத்தினுள்ளே அந்த எலெக்ட்ரான் ஏற்கெனவே பெற்றிருந்த E_k என்ற இயக்க ஆற்றல் ஆகியவற்றின் கூட்டுத் தொகையிலிருந்து, பரப்பை ஊடுருவி வரும்போது அது செலவழிக்கும் ஆற்றலான ϕe - யைக் கழித்தால் கிடைக்கும் ஆற்றலுக்குச் சமம். அதாவது,

$$\frac{1}{2} mV_{max}^2 = h\nu + E_k - \phi e \quad .. \qquad (1)$$

ஆகவே, $h\nu_o = \phi e - E_k$

என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து, எலெக்ட்ரான் சுழி திசை வேகத்துடன் வெளியேற்றும் மிகச் சிறிய அதிர்வெண் கிடைக்கிறது. வெப்பநிலை மாறும்போது இந்தப் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணுக்கு ஏற்படும் மாறுதல்,

$$\frac{d(h\nu_o)}{dT} = e\frac{d\phi}{dT} - \frac{dE_k}{dT} \quad .. \quad .. \qquad (2)$$

ஆகவே, வெப்ப நிலையைப்பொறுத்து ஒளிமின் பயன்தொடக்க நிலையில் ஏற்படும் மாறுபாடு E_k - ன் அளவிலோ அல்லது ϕ - ன் அளவிலோ ஏற்படும் மாறுதலாக இருக்கலாம். இந்த இரு விளைவுகளும் பரிசோதனை மூலம் பிரித்துணர முடியாதவை. ஆனால், அவை கொள்கையளவில் வெவ்வேறு பலன்களைக் கொடுக்கின்றன. ϕ - ல் ஏற்படும் மாறுதலை எடுத்துக் கொள்ளாமலிருந்தால், பழமையான கொள்கைப்படி,

$$E_k = \frac{3}{2}kT$$

ஆகவே $\frac{d(h\nu_o)}{dT} = -\frac{3}{2}k$

இதன்படி பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றலில் ஏற்படும் மாறுதல், தோராயமாக 1.29×10^{-4} வோல்ட்/டிகிரி ஆகிறது. இது பரிசோதனை மூலம் கண்டுபிடிக்கக் கூடிய அளவைவிடச் சிறியது. மில்லிகன், வின்செஸ்டர் ஆகிய இருவரும் 11 வெவ்வேறு உலோகங்களுக்கு வெப்பநிலை மாறுதலால் ஏற்படும் ஒளிமின்னோட்ட மாறுதல்களைப் பற்றி ஆராய்ந்தனர். பழமையான கொள்கைப்படி கணக்கிடப்பட்ட அளவுகள், பரிசோதனை முடிவுகளுக்கு ஒத்து வரவில்லை. தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்களுக்குக்கூட dE_k/dT - ன்

மதிப்பு O - வை நெருங்கி யிருப்பதால் வெப்பநிலை மாறுபாட்டால் ஒளிமின் விளைவில் மாறுதல் ஏற்படுவதில்லை என்று உறுதியாக்கப்பட்டது.

வெப்பநிலையால் வெளியேற்று ஆற்றலின் மாறுபாடு

சாதாரண வெப்பநிலைகளில் வெளியேற்று ஆற்றலுக்கும், எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்க இயக்க ஆற்றலுக்கும் உள்ள வேறுபாடு, அதாவது ($\phi e - E_k$) ஒரு மாறிலி என்று பரிசோதனைகள் காட்டுகின்றன. ஆகவே, எலெக்ட்ரான்கள் உலோகத்தினுள் பெற்றுள்ள தொடக்க இயக்க ஆற்றல் E_k வெப்பநிலையைப் பொறுத்து மாருததால், எலெக்ட்ரான்களின் வெளியேற்று ஆற்றலான ϕ - ம் வெப்ப நிலையைப் பொறுத்து மாறக் கூடாது. ஆனால், இது தோராயமாகத்தான் சரியாக உள்ளது.

ஸ்காட்கியின் (Schotky) கருத்துப்படி, உலோகப் பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றல், அதன் அணுக்களுக்கிடையே உள்ள தொலைவிற்கு எதிர்விகிதத்தில் இருக்கிறது. ஆகவே, வெப்பநிலை உயரும்போது உலோகப் பரப்புப் பெருக்கமடைவதால் அணுக்களுக்கிடையே உள்ள தொலைவு அதிகரிக்கிறது. எனவே, பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றல் குறையவேண்டும். பிரிட்க்மென், ஹெர்ஸ்ஃபெல்ட் (Bridgman and Hersfeld) ஆகியோர் வெப்ப இயக்கவியலின் அடிப்படையில் செய்த கணக்கீட்டின்படி, ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றலை,

$$\phi = q_1 - q_2 \int_0^T \beta dT \quad \cdots \quad \cdots \qquad (3)$$

என்ற கோவையால் குறிக்கவேண்டும் எனக் கருதினர். இதில் q_1, q_2 இரண்டும் மாறிலிகள்; β என்பது உலோகத்தின் பரும விரிவெண். ஹெர்ஸ்ஃபெல்ட் 100°C வெப்பநிலை மாற்றத்திற்கு உண்டாகும் வெளியேற்று ஆற்றலின் மாறுபாட்டைப் பல உலோகங்களுக்குக் கணக்கிட்டார். அவர் முடிவுகள் கீழ்வருமாறு :

உலோகம்	வெளியேற்று ஆற்றல் மாறுபாடு (மில்லிவோல்ட்)	உலோகம்	வெளியேற்று ஆற்றல் மாறுபாடு (மில்லிவோல்ட்)
K	125	Au	21
Al	36	Fe	17
Mg	39	Ni	23
Zn	43	Pt	15
Cu	25	Pb	43
Ag	29	Sb	18

இவை பரிசோதனைகளில் கண்டுபிடிக்க முடியாத மிகச் சிறு அளவுகளாகும். இருந்தாலும் குறைந்த வெப்பநிலைகளில் பொட்டாசியத்திற்கு ஐவ்ஸ் (Ives) என்பவரும், உயர்ந்த வெப்பநிலைகளில் பிளாட்டினத்திற்கு டு பிரிட்ஜ் (Du Bridge) என்பவரும் கண்டுபிடித்த அளவுகளுடன் இவை ஒப்பிடக் கூடியவையாக உள்ளன.

தொடக்கத்தில் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் நிலை

ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் தொடக்கத்தில் தம்மிச்சையான வையா அல்லது கட்டுண்டவையா என்பன போன்ற விவரங்கள் தெரிந்தால்தான் ஒளிமின் விளைவுகளின் முழு விவரமும் தெரிய வரும். ஆகவே, இந்தப் பிரச்னை ஒளிமின் கொள்கைகள் வளர்ச்சியுற மிக இன்றியமையாததாயிற்று.

பொதுவாகத் தம்மிச்சையான எலெக்ட்ரான்களை மிகுதியாகப் பெற்றுள்ள உலோகங்களே அதிகமான ஒளிமின் செயலாக்கம் பெற்றிருக்கின்றன. ஆகவே, ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் தம்மிச்சையானவை எனக் கருதப்பட்டன. ஆனால், ஒளிமின் விளைவு வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததில்லை; ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெப்பக் கிளர்ச்சியில் (thermal agitation) பங்கு கொள்வதில்லை. எனவே, ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் தொடக்கத்தில் உலோக அமைப்பு அணுக்களுடன் கட்டுண்டவை என்றும் கருதப்பட்டது. இக் கருத்து பழமையான எலெக்ட்ரான் - வாயுக் கொள்கைப்படி (electron gas theory) பெறப்பட்டது. ஆனால், எலெக்ட்ரான் - வாயுக் கொள்கை இப்போது ஒப்புக்கொள்ளப் படுவதில்லை.

இந்த விவரங்களை மில்லிகன் தம்முடைய நிறுத்தும் மின்னழுத்தப் பரிசோதனைகளில் ஆராய்ந்தார். அவரது பரிசோதனையில் தட்டின்மேல் படும் ஒளியின் அதிர்வெண் ν. அதிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களைச் சேகரிக்கும் உருளையின் மின்னழுத்தம் தட்டின் மின்னழுத்தத்தை விட V_0 மிகுதியானது. V_0 என்பது, உருளைக்குக் கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் V, தொடர்பு மின்னழுத்தம் K ஆகியவற்றின் கூட்டுத்தொகையாகும். இப்போது தட்டிற்கும் சேகரிக்கும் உருளைக்கும் இடையில் எலெக்ட்ரான் ஓட்டம் இல்லாமலிருக்கும்படி V - யைச் சரி செய்தால், ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டுப்படி,

$$(V+K)\,e = h\nu - \phi e \quad \ldots \ldots \quad (4)$$

இதில் ϕ என்பது, எலெக்ட்ரானை அதன் அணுவிலிருந்து விடுவிக்கத் தேவையான ஆற்றல் ϕ_1, உலோகப் பரப்பை ஊடுருவிச்

செல்லச் செலவழியும் ஆற்றல் ϕ_2 ஆகிய இரண்டின் கூட்டுத் தொகை எனக் கொண்டால், (4) - வது சமன்பாடு,

$$(V+K)e = h\nu-(\phi_1-\phi_2)e \quad .. \quad .. \qquad (5)$$

என்று மாறுகிறது. இப்போது பரிசோதனையில் இன்னொரு உலோகத் தட்டை வைத்துக்கொண்டு, அதற்கான சமன்பாட்டைக் கீழ்க்கண்டவாறு எழுதலாம்:

$$(V'+K')e=h\nu-(\phi'_1+\phi'_2)e \quad .. \quad .. \qquad (6)$$

சமன்பாடு (6) - லிருந்து (5) - ஐக் கழித்தால்,

$$(V'-V)+(K'-K)=(\phi_1-\phi_1')+(\phi_2-\phi_2') \quad .. \quad .. \qquad (7)$$

என்ற சமன்பாடு கிடைக்கிறது.

நிறுத்தம் மின்னழுத்தப் பரிசோதனைகள் எப்போதும் $V'-V=O$ என்று காட்டுகின்றன. மேலும், இரு உலோகங்களுக்கு இடையேயுள்ள தொடர்பு மாறுபாட்டு மின்னழுத்தம் அவற்றின் பரப்பு மின்னழுத்த வேறுபாட்டிற்குச் சமமாகும். அதாவது,

$$K'-K=O.$$

ஆகவே, $\phi_1-\phi_1'=O$.

ஆகையால், எல்லா உலோகங்களுக்கும் அவற்றின் அணுக்களிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களை விடுபடச் செய்யும் ஆற்றல் O; அல்லது எல்லா உலோகங்களுக்கும் வெளியேற்று ஆற்றல் சமம். ஆனால், அணு அமைப்புக் கருத்துகளின்படி, எல்லா உலோக அணுக்களிலிருந்தும் எலெக்ட்ரான்களை விடுபடச்செய்யச் சமமான ஆற்றல் தேவை என்பது சரியன்று என்பது புலப்படுகிறது. ஆகவே, ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் தம்மிச்சையான எலெக்ட்ரான் வகையைச் சேர்ந்தவை என்பது உறுதிப்படுகிறது. ஆனால், நிறுத்தும் மின்னழுத்தப் பரிசோதனைகளில், உலோகத்திலிருந்து விடுபடும்போது ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடு குறிக்கும் பெரும அளவு திசை வேகமுள்ள எலெக்ட்ரான்களையே எடுத்துக் கொள்ளுவதால், அந்த எலெக்ட்ரான்களுக்கு மட்டுமே இந்த நியதி பொருந்தும். எனவே, பெரும அளவு திசைவேகத்தைவிடக் குறைவான திசைவேகம்கொண்ட மிகுதியான ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் தொடக்கத்தில் கட்டுண்ட எலெக்ட்ரான்களே என்றும் கருத இன்னமும் வாய்ப்பு உள்ளது.

காம்ப்டன் விளைவு

காம்ப்டன் விளைவு கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பிறகு மேற்கூறிய பிரச்னைக்கு ஒரு திருப்தியான முடிவு கிடைத்தது. எலெக்ட்

ரான்கள், குவான்டங்கள் ஆகியவற்றிற் கிடையே ஏற்படும் சாதாரண நிகழ்வுகளில் ஆற்றல் அழிவின்மை விதியும், உந்தம் அழிவின்மை விதியும் (conservation of energy and momentum) அனுசரிக்கப்படுவதாகக் காம்ப்டன் பரிசோதனைகள் காட்டின. ஓர் எலெக்ட்ரான் அதன்மேல் மோதும் குவான்டத்தின் முழு ஆற்றலையும் உட்கவர முடியாது. ஆனால், ஆற்றல் அழிவின்மைக் கொள்கைப்படி,

$$h\nu = \frac{1}{2} m v^2$$

உந்தம் அழிவின்மைக் கொள்கைப்படி,

$$\frac{h\nu}{c} = m v$$

எனவே, இவற்றிலிருந்து $v = 2c$ என்ற நம்பமுடியாத முடிவு கிடைக்கிறது. இதில் c ஒளியின் திசைவேகத்தையும் v எலெக்ட்ரானின் திசைவேகத்தையும் குறிக்கின்றன. எலெக்ட்ரான்களுக்கு ஒளியின் திசைவேகத்தைப்போல இருமடங்குத் திசைவேகம் இருக்கவே முடியாது.

ஆகவே, இந்த மோதலில் ஏதாவது ஒரு மூன்றாவது பொருள் ஈடுபடவேண்டும். அந்த மூன்றாவது பொருள் ஓர் அணுவாகவோ அல்லது விடுபடும் எலெக்ட்ரான் கட்டுண்டிருந்த ஓர் அமைப்பாகவோ இருக்கலாம். அல்லது அது ஒரு சிதறிய குவான்டமாக இருக்கலாம். முதலில் கூறப்பட்ட அணு அல்லது எலெக்ட்ரானின் தொடக்க அமைப்பாக இருந்தால், எலெக்ட்ரான், அதன்மேல் படும் குவான்டத்தின் முழு ஆற்றலையும் உட்கவர்ந்து ஒளிமின் விளைவு உண்டாகலாம். ஆனால், இரண்டாவதாகக் கூறப்பட்ட ஒரு சிதறிய குவான்டமாக இருந்தால், எலெக்ட்ரான் குவான்டத்தின் ஆற்றலான $h\nu$ - ல் ஒரு சிறுபகுதியை உட்கவருகிறது. மீதமுள்ள ஆற்றலான $h\nu'$ சிதறும் குவான்டத்தின் ஆற்றலாக அமைந்து காம்ப்டன் விளைவை உண்டாக்கலாம்.

ஒளிமின் விளைவில் எலெக்ட்ரான்கள் அவற்றின்மேல் படும் ஆற்றல் $h\nu$ -வின் முழுப்பகுதியையும் உட்கவருவதால், அவை தொடக்கத்தில் தம்மிச்சையானவையாக இருக்க முடியாது. அப்படியானால், தம்மிச்சையான எலெக்ட்ரான்களை மிகுதியாகக் கொண்ட உலோகங்களில் மட்டும் ஏன் மிகையான ஒளிமின் விளைவு உண்டாகவேண்டும் என்ற கேள்வி எழுகிறது.

இதற்குப் பல விளக்கங்கள் கொடுக்கப்பட்டன. மென்டென்ஹால், எப்ஸ்டீன், உல்ஃப் ஆகியோர் தம்மிச்சையான எலெக்ட்

ரான்கள் குவான்டத்தின் ஆற்றலை இரட்டை முறையில் பெறுவதாகக் கூறினர். முதலில், ஒரு குவான்டம் ஓர் அணுவின் மேல் மீட்சியற்ற மோதல் செய்யும்போது, அணு குவான்டத்தின் ஆற்றலை உட்கவர்ந்து கிளர்ச்சி நிலையை அடைகிறது. இரண்டாவதாக, இந்த அணு அந்த ஆற்றலைத் தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரானுக்கு மாற்றி விடுகிறது. இந்த மாதிரி மோதுகைகள் திட, ஆவி நிலைகளில் ஏற்பட முடியும். இந்த முறையில் சில ஒளிமின் வெளிப்படு விளைவுகளில் அணு பங்குகொள்வதை ஐவ்ஸ், ஆல்பின் (Olphin) ஆகியோர் கண்டுபிடித்தனர். மாறுநிலைத் தடிப்புக் கொண்ட கார உலோக ஏடுகளில் அவற்றின் பயன் தொடக்கநிலை, அணுக்களின் முதல் ஒத்திசைவு மின்னழுத்தத்துடன் (first resonance potential) ஒன்றியதை அவர்கள் கண்டார்கள். அதாவது தனிப்பட்ட அணுவைக் கிளர்ச்சிநிலையடையத் தேவைப்படும் மிகுந்த அளவுள்ள அதிர்வெண், ஒளிமின் வெளியீட்டை உண்டாக்கும் எனத் தெரிகிறது.

வென்ட்ஸெல் (Wentzel) என்பவர் இன்னொரு விளக்கம் கொடுத்தார். ஒரு தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்மேல் தடையுறு அலைவுள்ள (damped) ஒளி படும்போது, ஆற்றல் - அழிவின்மை உந்தம் - அழிவின்மைக் கொள்கைகளுக்குக் கட்டுப்பட்டு $h\nu$ அளவு ஆற்றலை எலெக்ட்ரான் உட்கவர முடியும். தடையுறு அலையை ஒற்றை நிற அலையாகக் கொள்ளாமல் ஃபூரியர் (Fourier) கூறுகளாக்கி, ஒவ்வொரு கூறும் ν அதிர்வெண் கொண்டதாகவும், வெவ்வேறு அலைநீளங்கள் λ கொண்டதாகவும் எடுத்துக் கொள்ளலாம். இப்போது ஒவ்வொரு கூறுக்கும் ஆற்றல் $h\nu$, உந்தம் h/λ ஆகிறது. எனவே, $\nu\lambda$ - ன் மதிப்பு c - க்குச் சமமானதன்றாதலால் எலெக்ட்ரான் தன் திசைவேகம் c - யின் அளவை மீறாமலிருக்கும்படி $h\nu$ ஆற்றலையும் h/λ உந்தத்தையும் பெறமுடியும். ஒளி அலை, உலோகத்தினுள் நுழையும்போது தடையுறு பெறுவதால் தம்மிச்சையான எலெக்ட்ரான்களால் ஒளிமின் விளைவு நடைபெறுகிறது. ஆனால், ஒளிமின் விளைவே ஒளி அலைத் தொடரைத் தடையுறு செய்வதால் இந்த விளக்கம் சரியன்று என்றும் கூறப்படுகிறது.

பொதுவாக ஒப்புக்கொள்ளப்பட்ட விளக்கம் கீழே குறிப்பிடப்படுவதாகும். அதன்படி, எலெக்ட்ரான்கள் கட்டுண்ட உலோகப் பரப்பையே எலெக்ட்ரான் - குவான்டம் மோதுகையில் ஈடுபடும் மூன்றாவது பொருளாகக் கொள்ளவேண்டும். டாம், ஷுபின் (Tamm, Schubin) ஆகிய இருவரும் இந்த விளக்கத்தைக் கூறினர். அதாவது, எலெக்ட்ரான் - குவான்டம்

உள் நிகழ்ச்சியின்போது, $h\nu$ ஆற்றலை உட்கவரும் எலெக்ட்ரான்கள், தவற்றை உலோகத்துடன் பிணைத்து வைக்கும் விசைப் புலத்தினுள் (force field) இருக்கின்றன. இந்த விசைப் புலம்தான் வெளியேற்று ஆற்றலுக்குக் காரணமாகிறது. இந்தப் புலம் உலோகத்தின்மேற்பரப்பில்மட்டும் அல்லது மேற்பரப்புக்கு வெளியிலும் உள்ளது. ஆகவே, மேற்பரப்பு வரை வந்திருந்தாலும் பரப்பு விசைப் புலத்தை தாண்டிச் செல்லும் அளவு ஆற்றல் பெறாத எலெக்ட்ரான்கள் உலோகத்தினுள் திரும்பும் நிலையில், மேற்பரப்பில் ஓர் அடர்த்திமிக்க எலெக்ட்ரான் மண்டலம் ஏற்படுகிறது. இப்படி அடர்த்தியாக உலோகத்தின் மேற்பரப்பில் ஒன்று சேர்ந்த எலெக்ட்ரான்களே உலோகத்தில் உண்டாகும் ஒளிமின் விளைவில் மிகுந்த பங்கு பெறுகின்றன.

நிறமாலைப் பகிர்வுச் சார்பு

நிறமாலைப் பகிர்வுச் சார்பை விளக்கும் முறையில் ரிச்சர்ட்சன், தாம்சன், உஸ்பென்ஸ்கி ஆகியோர் வெவ்வேறு பழமையான கொள்கைகளைக் கொடுத்தார்கள். ஆனால், அவை திருப்தியான விளக்கங்களைக் கொடுக்கவில்லை. எனவே அவற்றைப்பற்றிய விவரங்களைப் பார்க்க வேண்டியதில்லை.

வெப்ப அயனி விளைவு

பிரிட்க்மென் என்பவர், ஓர் உலோகம் அதன் வெப்பநிலைக் கதிர்வீச்சிலும், அதன் எலெக்ட்ரான் ஆவியிலும் சமநிலை பெற்றிருக்குமானால் எலெக்ட்ரான்கள் வெப்ப அயனி பலனால் வெளிப்பட்டாலும், அல்லது ஒளிமின் பலனால் வெளிப்பட்டாலும், சமநிலையின் எல்லா விதிகளும் ஒரே மாதிரியாக இருக்கும் என முடிவாகக் கூறினர். இதனால் வெப்ப அயனி விளைவு உண்மையில் சூடான உலோகத்தில் உள்ள வெப்பநிலைக் கதிர்வீச்சினால் உண்டாகும் ஒளிமின் விளைவே எனக் கூறலாம்.

ஓர் உலோகப் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான் மின்னோட்டத்தை,

$$I = A T^2 e^{-\frac{bo}{T}} \quad \dots \quad (8)$$

என்ற சமன்பாட்டால் ரிச்சர்ட்சன் குறிப்பிட்டார். இதில் I வெப்ப அயனி மின்னோட்டத்தையும், T வெப்ப நிலையையும், bo வெப்ப அயனி வெளியேற்று ஆற்றலையும் குறிப்பன. A ஒரு மாறிலி.

$$b_o = \phi_o \, e/k$$

இதில் k போல்ஸ்ட்மென் மாறிலி. ϕ_0 என்பது $0^\circ\ k$ -ல் உலோகப் பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றல். ஆகவே, எலெக்ட்ரான் வெப்ப அயனி முறையில் வெளிப்பட்டாலும், ஒளிமின் முறையில் வெளிப்பட்டாலும் ϕ_0 அதே அளவைக் கொள்கிறது. b_0 - வின் மதிப்பை வெப்ப அயனிப் பரிசோதனை மூலம் காணலாம். ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றலை, அறையின் வெப்பநிலையில் பரப்பின் பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணைக் கண்டுபிடித்து $h\nu_0 = \phi_0 e$ என்ற சமன்பாட்டைப் பயன்படுத்திக் கண்டுபிடிக்கலாம். முதல் தோராயமாகப் பயன் தொடக்க அதிர்வெண் வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததன்று என்று பரிசோதனைமூலம் தெரிவதால், குறைந்த வெப்பநிலைகளில் மாருத பயன்தொடக்க அதிர்வெண் கொண்டுள்ள எல்லா உலோகங்களுக்கும் அளவிடப்பட்ட ஒளிமின் வெளியேற்று ஆற்றலும், வெப்ப அயனி வெளியேற்று ஆற்றலும் முழுதொத்தவை என முடிவு கொள்ளலாம்.

2. சோமர்ஃபீல்டு எலெக்ட்ரான் கொள்கை

கி.பி. 1927-ஆம் ஆண்டு எலெக்ட்ரான்களின் நிலைபற்றிய ஒரு புதுமையான கருத்தைப் பௌளி (Pouli) வெளியிட்டார். தம்மிச்சையான எலெக்ட்ரான்களைப் பழமையான புள்ளியியல் (classical statistics) விதிகளைத் தழுவும் ஓர் இலட்சிய வாயுவாக எடுத்துக் கொள்ளும் கருத்தை அவர் கைவிட்டார். அவற்றைப் புதிய ஃபெர்மி — டிராக் (Fermi — Dirac) புள்ளியியல் விதிகளைத் தழுவும் இனத்திறம்கெட்ட வாயுவாகக் (degenerate gas) கொள்ள வேண்டும் என்று அவர் கருதினர். இந்தக் கருத்துப்படி, குறைவான வெப்ப நிலையில் உள்ள கார உலோகங்களின் பரா காந்த ஏற்புத்திறனை (para magnetic susceptibility) அவர் விளக்கினர்.

உடனே சோமர்ஃபீல்டு இதே கருத்தைக் கையாண்டு உலோகங்களின் மின்கடத்தல்பற்றிய புதுக்கொள்கை ஒன்றைப் பெற்ருர். சோமர்ஃபீல்டு எலெக்ட்ரான் கொள்கை (Sommerfield electron theory) பல வகைகளிலும் சிறந்ததாக விளங்குகிறது. இதனைக்கொண்டு வெப்பங் கடத்துதிறன், மின் கடத்துந் திறன் ஆகியவற்றுக்கான கோவைகள் (expression) பெறப்பட்டன; இந்தக் கோவைகளிலிருந்து பெறப்பட்ட வீட்மென் — பிரான்ஸ் (Wiedemann — Franz) விகித அளவு பரிசோதனை அளவுடன் மிகவும் ஒத்திருந்தது. இதில் எலெக்ட்ரான் ஆற்றல் வெப்ப நிலையைப் பொறுத்து இல்லாததால் வெப்ப எண் பிரச்னைகளும் இல்லை. மேலும், முதல் முறையாக, வெப்பமின் எண்கள் (thermo electric coefficients) இதிலிருந்து கணக்கிடப்

பட்டன; அவை வெப்பநிலையுடன் எப்படித் தொடர்புகொண்டுள்ளன என்பதைச் சரியாகக் காட்டுகிறது. இக் கொள்கை சோமர்ஃபீல்டு, ஃபௌலர் - நார்ட்ஹைம் (Fowler and Nordheim), வென்ட்ஸெல் (Wentzel) ஆகியோராலும் மற்றவர்களாலும் ஒளிமின் வெளியீடு, வெப்ப அயனி வெளியீடு ஆகியவற்றில் உண்டாகும் பிரச்னைகளைத் தீர்க்கப் பயன்படுத்தப் பட்டது.

சோமர்ஃபீல்டு எலெக்ட்ரான் கொள்கையைப்பற்றிப் ஃபௌலர் — நார்ட்ஹைம் ஆகிய இருவரும் நன்கு ஆராய்ந்தனர். வென்ட்ஸெல் இதனைப்பற்றி முழுமையாக விவாதித்துள்ளார். மற்றக் கொள்கைகளில் எடுத்துக்கொண்டதுபோல இங்கும் ஒரு தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரானுக்கு ஒரு குவான்டம் ஆற்றலான $h\nu$ கொடுக்கப்படுகிறது. இந்த எலெக்ட்ரானுக்கு உலோகத்தினுள் உள்ள தொடக்க இயக்க ஆற்றல் Ek. இப்போது $h\nu + Ek \geqslant Wa$ என்று இருக்குமானால், அந்த எலெக்ட்ரான் உலோகப் பரப்பிலிருந்து,

$$\tfrac{1}{2}mv^2 = h\nu + E\kappa - Wa$$

என்ற ஆற்றலுடன் வெளிப்படும். (இதில் Wa என்பது உலோகத்திலிருந்து ஓர் எலெக்ட்ரான் வெளிப்படும்போது ஏற்படும் நிலையாற்றல் மாற்றமாகும்.) உலோகங்களில் $0°K$ வெப்பநிலையில் தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்களுக்கு உள்ள தொடக்க இயக்க ஆற்றல் $E\kappa$ - ன் அளவு 0 - விலிருந்து நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பெரும அளவு ஆற்றல் μ வரை மாறுபடுகிறது என நமக்குத் தெரியும். ஆகவே, வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் 0 - விலிருந்து ஒரு பெரும அளவு வரை பரவியிருக்கும். இந்தப் பெரும அளவு ஆற்றல் கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டால் குறிக்கப்படுகிறது :

$$\tfrac{1}{2}mV_{max}^2 = h\nu + \mu - Wa \quad \ldots \quad (9)$$

இந்தச் சமன்பாடு ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடே ஆகும். ஆகவே, குறைந்த வெப்பநிலைகளில் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களுக்கு நன்கு வரையறுக்கப்பட்ட பெரும ஆற்றல் உள்ளதற்குத் தகுந்த சரியான காரணங்களைச் சோமர்ஃபீல்டு கொள்கை கொடுக்கிறது. உயர் வெப்பநிலைகளில் μ வைவிட மிகுதியான தொடக்க இயக்க ஆற்றல் பெற்றுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் மிகுதியாக உள்ளன. எனவே, வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் பெரும ஆற்றல் குறைவாக வரையறுக்கப்பட்டதாக இருக்கிறது. ஆகவே,

(9) - வது சமன்பாட்டிலிருந்து பயன்தொடக்க அதிர்வெண் ν_0 - வைக் கீழ்க்கண்டவாறு கணக்கிடலாம் :

$$h\nu_0 = Wa - \mu \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \qquad (10)$$

ஆகவே, ஒளியின் விளைவும் வெப்ப அயனி விளைவும் முழுதொத்தவை ஆகும்.

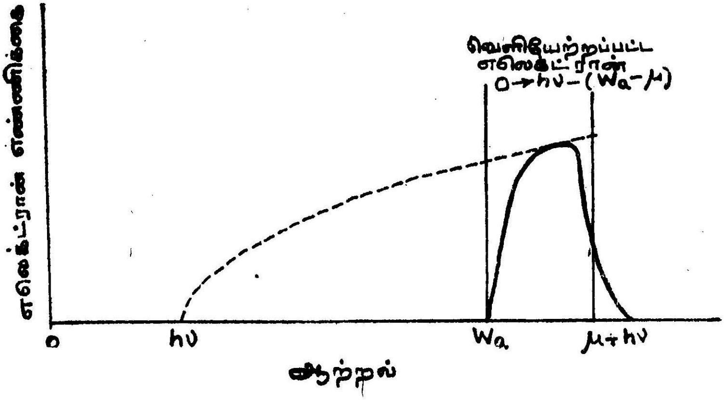
உலோகத்தினுள் தம்மிச்சையான எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்க இயக்க ஆற்றல் வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததன்று. ஆகவே, பயன்தொடக்க அதிர்வெண் ν_0 - வின் மதிப்பு வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததன்று என்று கூறலாம். ஆனால், உயர் வெப்பநிலைகளில் சில எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்க இயக்க ஆற்றல் μவைவிட அதிகமாக இருக்கும். ஆகவே, அதிகமான வெப்பநிலைகளில் (10) - வது சமன்பாட்டில் கிடைக்கும் அதிர் வெண்ணைவிடக் குறைவான அதிர்வெண்ணுள்ள ஒளியினாலும் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுத்தப்படலாம்.

ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகப் பகிர்வு

புதியகொள்கைப்படி ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகப் பகிர்வைப் பௌலர் (Fowler) விளக்கியுள்ளார். பழைய கொள்கைப்படி எலெக்ட்ரான்களின் வெளிவிடு திசைவேகம் பெரும திசைவேகத்தைவிடக் குறைவாக உள்ளதற்கு, உலோக மேற்பரப்புக்கு எலெக்ட்ரான்கள் செல்லும்போது உலோகத்தின் உள்ளேயே அவை சிதறும்போது ஏற்படும் ஆற்றல் இழப்பே காரணம் எனக் கொள்ளப்பட்டது. ஆனால், புதிய கொள்கையில் எலெக்ட்ரான் சிதறல், ஆற்றல் குறைவின் காரணத்தில் சிறு பங்கைத்தான் ஏற்கிறது. புதுக் கொள்கைப்படி எலெக்ட்ரான்களின் சராசரி மோதலிடைத் தொலைவு மிக அதிகமானதாக (நூறு அணு அளவு) சோமர்ஃபீல்டு கணக்கிட்டுள்ளார். ஆகவே, பல எலெக்ட்ரான்கள் மோதுகை இல்லாமலேயே உலோக மேற்பரப்பை அடைகின்றன. எனவே, வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகப் பகிர்வு உலோகத்தினுள் அவை தொடக்கத்தில் பெற்றுள்ள திசைவேகப் பகிர்வைப் பொறுத்து அமையும்.

படம் 7. 1 - ல் வரையப்பட்டுள்ள ஆற்றல் பகிர்வு வளைகோடு எளிதில் புரியக்கூடியது. ஒரு குவான்டம் ஆற்றலை ஓர் எலெக்ட்ரான் உட்கவரும் வாய்ப்பு, எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகத்தைப் பொறுத்ததன்று என்று வைத்துக் கொள்வோம், அப்பொழுது, $h\nu$ ஆற்றலை முன்னரே உட்கவர்ந்த

எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் பகிர்வு, படத்தில் இடையூடுள்ள கோட்டால் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கோடு,

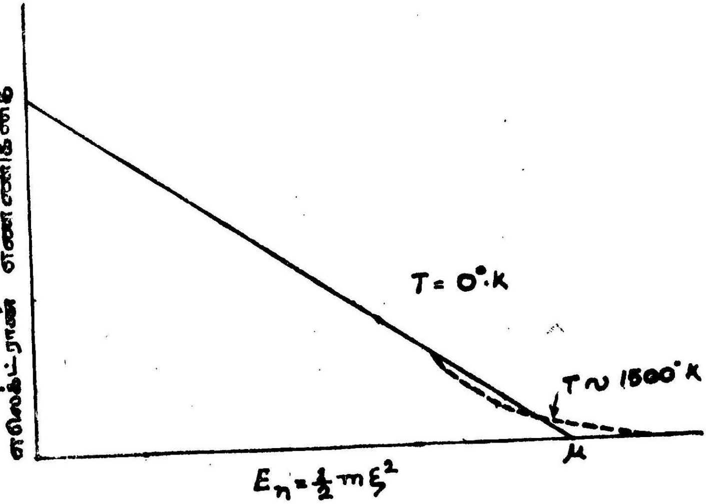


படம் 7. 1
ஒளிஎலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் பகிர்வு.

$h\nu$ - விலிருந்து $h\nu + \mu$ வரை உள்ள ஆற்றலை உள்ளடக்கியுள்ளது. மொத்த ஆற்றல் *Wa* - வைவிட மிகுதியான ஆற்றல் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் மட்டுமே வெளிப்படும். ஆகவே, இந்த எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் பகிர்வு வளைகோடு, *Wa* - க்கு வலப்புறம் உள்ள வளைகோட்டுப் பகுதியே யாகும். இந்த வளைகோடு பெரும ஆற்றல் பரப்பெல்லையில் சிறிது வட்டமாக இருக்கிறது. சாதாரண வெப்பநிலைகளில்கூட இந்தப் பெரும ஆற்றல் வெட்டு நிலை (cut-off) நன்கு வரையறுக்கப்படாததே இதற்குக் காரணமாகும். மேலும், குறைந்த திசைவேகமுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் உலோகத்திற்குள்ளேயே திருப்பி அனுப்பப்படுகின்றன. ஆகவே, எதிர்பார்க்கப்படும் வளைகோடு, படத்தில் முழுக்கோடு உள்ளதுபோலவே அமைப்புப் பெற்றிருக்கும். கொள்கைப்படி கணக்கிடப்பட்டுப் பெறப்பட்ட இந்த வளைகோடு பரிசோதனை மூலம் பெறப்பட்ட வளைகோட்டைப் பொதுவாக ஒத்துள்ளது.

ஆனால், இந்தக் கொள்கை இரண்டு இடங்களில் முழுமையற்றதாக இருக்கிறது. முதலாவதாக, படம் 7. 1 - ல் உள்ள வளைகோடு எலெக்ட்ரான்களின் முழு ஆற்றல் பகிர்வைத்தான் காட்டுகின்றன. ஆனால், உலோகப் பரப்பிற்கு நேர்க்குத்தான ஆற்றல் கூறுதான் முக்கியமானது. இதன் ஆற்றல் பகிர்வைப் படம் 7. 2 காட்டுகிறது. நார்ட்ஹைம் (Nordheim) என்பவரால் வரையப்பட்ட இந்த வளைகோடு முழுதும் வேறான அமைப்பைக்

கொண்டுள்ளது. இரண்டாவதாக, ஒரு குவான்டம் ஆற்றலை உட்கவரும் வாய்ப்பு திசைவேகத்தைப் பொறுத்ததன்று



படம் 7. 2
பரப்பிற்கு நேர்க்குத்தாக உள்ள ஆற்றல் பகிர்வு.

என்பது சரியன்று; அது பரப்பிற்கு நேர்க்குத்துத் திசைவேகக் கூறைப் பொறுத்தது.

வென்ட்ஸெல் கொள்கை

உலோக எலெக்ட்ரான்களைப் பற்றிய சோமர்ஃபீல்டு கருத்தின் அடிப்படையில் ஒளி, எலெக்ட்ரான் ஆகியவற்றிற் கிடையே ஏற்படும் உள் நிகழ்ச்சியை, அலைவியக்கவியல் முறைகளைப் பயன்படுத்தி வென்ட்ஸெல் முழுதும் புதுமையான ஒரு கொள்கையை (Theory of Wentzel) உருவாக்கினர். அது மெய்ப்பிக்கப்பட்டதை இங்குப் பார்க்காமல் அதன் முக்கியப் பலன்களைமட்டும் இங்குப் பார்ப்போம்.

வென்ட்ஸெல் கொள்கைப்படி பெறப்பட்ட நிறமாலைப் பகிர்வில், ஓர் உலோகப் பரப்பிலிருந்து கிடைக்கும் ஒளிமின் பலன் I, அந்த உலோகத்தின் மாருத சிறப்புப் பண்புகளான அல்லது மேற்பரப்பு மின்னழுத்த மாறுபாடு வெளியேற்று ஆற்றல் Wa, உலோக எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்க இயக்க

ஆற்றல் அல்லது எலெக்ட்ரான்களின் உள் மின்னழுத்தம் μ ஆகியவற்றைப் பொறுத்தது எனத் தெரிகிறது. மேலும், உலோகப் பரப்பின் ஒளிமின் பலன் I, அதனை உண்டாக்கும் ஒளியின் மின்கூறுகளைச் சார்ந்த தளவிளைவு, படுகோணம் ஆகியவற்றைப் பொறுத்துள்ளது. ஆகவே இந்தக் கொள்கை, குழப்பம் மிகுந்த தளவிளைவைச் சார்ந்த, தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவை விளக்கும் வாய்ப்பு உள்ளது.

டாம்—ஷூபின் கொள்கை

கி.பி. 1931ஆம் ஆண்டு, ஒளிமின் விளைவிற்கான இன்னொரு கொள்கையை டாம், ஷூபின் ஆகிய இருவரும் உருவாக்கினர். இது டாம் - ஷூபின் கொள்கை (Theory of Tamm and Schubin) எனப்படுகிறது.

தம்மிச்சையான எலெக்ட்ரான்களை அவற்றின் மூல அமைப்புடன் அவற்றைக் கட்டுப்படுத்தும் ஒரு விசைப்புலம் இருந்தால் மட்டுமே, அவற்றால் ஆற்றலை உட்கவர முடியும் என்ற கருத்தை அவர்கள் கையாண்டார்கள். ஆகவே, உலோகத்தினுள் அணுக்களின் விசைப் புலத்திற்குள் அமைந்துள்ள எலெக்ட்ரான்களும், அல்லது உலோகத்தின் மேற்பரப்புக்கு வெளியிலுள்ள வெளியேற்றுஆற்றல் புலத்தினுள் உள்ள எலெக்ட்ரான்களும் மட்டுமே ஒளிமின் விளைவில் வெளியேற்றப்பட முடியும். பயன் தொடக்க அதிர்வெண் உள்ள ஒளியினால் வெளியேற்றப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் இரண்டாவதாகக் கூறப்பட்ட வகையைச் சார்ந்தவை என்றும், அவையே வெளிவிடு ஒளிமின் விளைவில் உண்டாகும் எலெக்ட்ரான்களுள் பெரும்பாலானவை என்றும் அவர்கள் காட்டினர். மேலும், பயன் தொடக்க அதிர்வெண்ணைப் போல் இருமடங்கு அதிர்வெண் உள்ள ஒளியினால்தான் உலோகத்தினுள்ளே உள்ள எலெக்ட்ரான்களில் பெரும்பகுதி வெளியேற்றப்படுகின்றன என்றும் அவர்கள் காட்டினார்கள்.

வெப்பநிலை விளைவு

ஃபெர்மி புள்ளியியல் (Fermi statistics) விதிகளைத் தழுவி வரையப்பட்ட எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் பகிர்வு வளைகோடு, பெரும ஆற்றல் அருகில் தவிர மற்ற இடங்களில் வெப்பநிலையால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆகவே, மிகுந்த வெப்பநிலைகளில் தவிர, மற்ற நிலைகளில் ஒளிமின் விளைவு வெப்பநிலையைப் பொறுத்ததன்று என்று கருதப்பட்டது,

சில ஆண்டுகளுக்கு முன்னர், சோமர்ஃபீல்டு கொள்கையின் அடிப்படையில், ஃபௌலர் (Fowler) ஒளிமின் வெளியீடுகளை வெப்பநிலை எவ்வாறு பாதிக்கிறது என விளக்கமாக ஆராய்ந்தார்; பயன் தொடக்க அதிர்வெண் உள்ள ஒளியால் வெளியேற்றப்படக் கூடிய எலெக்ட்ரான்கள், பெரும அளவு ஆற்றல் பெற்றுள்ள எலெக்ட்ரான்களே ஆதலால், அவற்றை வெப்பநிலை மிகவும் பாதிப்பதாகக் காட்டினார்.

மேலும், ஃபௌலரின் ஆய்வுகள் பயன் தொடக்க அதிர்வெண்ணைப்பற்றி ஒரு முக்கியமான முடிவைத் தருகின்றன. நிறமாலைப் பகிர்வு வளைகோடுகளை நீட்டிக் காணப்படும் பயன் தொடக்க அதிர்வெண் தோற்றப் (apparent) பயன்தொடக்க அதிர்வெண்ணே ஆகும்.

$$h\nu_0 = Wa - \mu$$

என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து உண்மையான பயன் தொடக்க அதிர்வெண் ν_0 - வைக் கணக்கிட முடியும்.

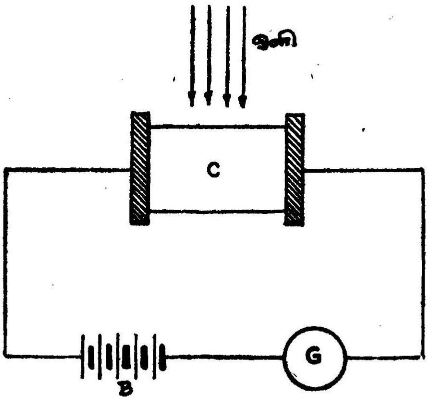
8. கடத்தி - ஒளிமின் விளைவு

நாம் இதுவரையில் வெளிவிடு ஒளிமின் விளைவைப்பற்றிப் பார்த்தோம். அதில் ஒரு பொருளின் மேல் ஒளி படும்போது, பொருளின் பருமன் முழுவதிலுமிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் விடுபடுகின்றன. ஒளிபடும் பருமனிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன என்பது ஒரு மின்புலத்தில் உண்டாகும் மின்னோட்டத்தினால்தான் தெரிகிறது. ஆகவே, மின்கடத்திகளில் எலெக்ட்ரான்கள் விடுபடுவதை நாம் எளிதில் காணமுடியாது. ஆனால், மின் காப்பான்களிலும், வலுக்குறைந்த கடத்திகளிலும் இந்த விளைவை எளிதில் காணமுடியும். ஒளி படுவதால் செலினியத்தில் ஏற்படும் கடத்துதிறன் மாறுபாடு பல ஆண்டுகளுக்கு முன்னரே தெரிந்த ஒன்று. ஆனால், அதற்கான காரணங்கள் நீண்ட நாட்களாகக் கண்டுபிடிக்கப்படவில்லை. கட்டன், போல் (Gudden and Pohl) ஆகிய இருவரும் பல தொடர்ச்சியான பரிசோதனைகள் மூலம் ஒளி படுவதால் உலோகங்களில் ஏற்படும் கடத்துதிறன்பற்றி ஆராய்ந்து சில முக்கியமான முடிவுகளை வெளியிட்டனர். அவர்களது முடிவுப்படி எக்ஸ் - கதிர்கள் படும்போது எல்லாப் படிகங்களும் கடத்தும் தன்மையைப் பெறுகின்றன. ஆனால், கட்புலனாகும் ஒளியோ அல்லது புறஊதாக் கதிர்களோ படும்போது சிலவகைப் படிகங்கள் மட்டுமே மின் கடத்தும் தன்மை பெறுகின்றன.

'கடத்தி - ஒளிமின் விளைவு' (photo conductivity) என்பது, பொதுவாக ஒளியால் உண்டாக்கப்படும் கடத்து திறன் மாறுபாடுகளைக் குறிக்கிறது. கடத்தி - ஒளிமின் விளைவுதான் உண்மையான ஒளிமின் விளைவு என எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. ஏனெனில், இந்த விளைவில்தான் மின்னோட்டம் ஒளியின் செறிவுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது; கால தாமதம் இல்லாமல் மின்னோட்டம் தொடங்குகிறது அல்லது நிற்கிறது; உட்கவரப்பட்ட ஒவ்வோர் $h\nu$ ஆற்றலுக்கும் ஓர் எலெக்ட்ரான் பிரிக்கப்படு

கிறது. இதனைப் 'பரும ஒளிமின் விளைவு' (volume photoelectric effect) என்றும் 'முதன்மை ஒளிமின் விளைவு' (primary photoelectric effect) என்றும் விவரிப்பதுண்டு. கடத்தி - ஒளிமின் விளைவில், சாதாரணப் பரும ஒளிமின் விளைவின் மேல் பல வகையான இரண்டாம் நிலை விளைவுகள் (secondary effects) மேற்பொருந்தி, முதன்மை விளைவையே மறைத்து விடுகின்றன. இந்த இரண்டாம் நிலை விளைவுகளால் படிகத்தின் மின்தடை குறைக்கப்படுகிறது.

கடத்தி - ஒளிமின் விளைவால் திடப்பொருள்களில் உண்டாகும் ஒளிமின்னோட்டங்களை அளக்கப் படம் 8.1 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள அமைப்புக் கையாளப்படுகிறது. C என்ற படிகம் இரண்டு மின்



படம் 8.1
கடத்தி - ஒளிமின் விளைவினால் உண்டாகும் ஒளிமின்னோட்டங்களை அளத்தல்.

வாய்களுக் கிடையில் அவற்றுடன் இணைந்திருக்குமாறு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. B என்ற மின் அடுக்கினால் அந்தப் படிகத்திற்குப் பொருத்தமான மின்னழுத்தம் கொடுக்க முடியும். G என்ற கால்வனாமீட்டர், உண்டாகும் மாறுபாடற்ற மின்னோட்டத்தை அளக்கிறது. அது அலைவு காட்டும் கால்வனாமீட்டரால் (ballistic galvanometer) படிகத்தின்மீது விழும் திடீரொளியினால் (flash of light) உண்டாக்கப்படும் மின்னோட்டத்தை அளக்கும். நுட்பம் அதிகம் வேண்டுமானால் ஓர் எலெக்ட்ராமீட்டரைப் பயன் படுத்தலாம்.

இந்த மாதிரிப் பரிசோதனைகளிலிருந்து தெவிட்டு நிலைக்குத் தேவையான மின்னழுத்தம் படிகத் தடிப்பின் இருமடியாக

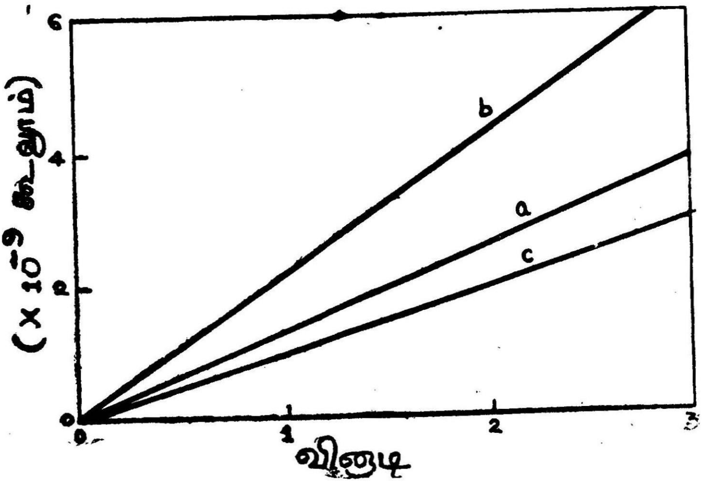
அதிகரிப்பதாகத் தெரிகிறது. தெவிட்டு நிலை மின்னழுத்தத்தை விடக் குறைவான மின்னழுத்தங்களில், மின்னோட்ட - மின்னழுத்தத் தொடர்பு, ஓம் விதியில் உள்ளது போல, நேர்க் கோடாக அமைகிறது.

கடத்தி - ஒளிமின் விளைவுபற்றிக் கட்டன், போல் ஆகிய இருவரும் செய்த பரிசோதனைகள் மிக முக்கியமானவை. பரிசோதனையில் கிடைக்கும் மின்னோட்டம் இரண்டு வெவ்வேறு மின்னோட்டங்களின் கூட்டுத் தொகை என்பதை அவர்கள் காட்டினார்கள். அவற்றில் முதலாவதான 'முதன்மை ஒளிமின்னோட்டம்' (primary photocurrent) ஒளிபடும் பருமனிலிருந்து வெளிப்படும் மின்னேற்றங்களின் இயக்கத்தால் ஏற்படுகிறது. இரண்டாவது மின்னோட்டம், பொருளில் முதன்மை ஒளிமின்னோட்டம் நிகழ்வதால் பொருளின் மின்தடை குறைவதால் உண்டாகிறது. ஆகவே, இந்த இரண்டாம் நிலை மின்னோட்டம் ஓர் ஒளிமின் விளைவே அன்று. ஆனால், ஒளிமின் விளைவால் ஏற்படும் ஒரு பயனே ஆகும். கட்டன், போல் இருவரும் இரண்டாம் நிலை மின்னோட்டத்திலிருந்து முதன்மை ஒளிமின்னோட்டத்தைத் தனியாகப் பிரித்துப் பரிசோதனைகள் செய்தனர். செலினியம் கலங்களில் முதன்மை ஒளிமின்னோட்டத்தைவிட இரண்டாம் நிலை மின்னோட்டம் மிகமிக அதிகமாக இருப்பதால், இது முதன்மை மின்னோட்டம் முழுவதையும் மறைத்து விடுகிறது.

அகச் சிவப்பு ஒளியால் ஏற்படும் விளைவு

பெருவாரியான படிகங்களில் நீல நிற ஒளி அல்லது புறஊதா ஒளியினால்தான் முதன்மை ஒளிமின்னோட்டம் கிடைக்கிறது. சிவப்பு அல்லது அகச் சிவப்பு ஒளி எந்தவித ஒளிமின் விளைவையும் படிகங்களில் உண்டாக்குவதில்லை. அல்லது மிகத் துல்லியமாகக் கூறவேண்டுமானால், சிவப்பு அல்லது அகச்சிவப்பு ஒளி உண்டாக்கும் விளைவு, குறைந்த அலைநீள ஒளி உண்டாக்கும் விளைவை விடப் புறக்கணிக்கத் தக்க அளவுக்கு மிகமிகக் குறைவானது. ஆனால், ஒரு படிகத்தின் மேல் சிவப்பு அல்லது புறச்சிவப்பு ஒளி, படிகத்தில் ஒளிமின் விளைவை உண்டாக்கக்கூடிய இன்னோர் அலைநீள ஒளியுடன் சேர்ந்து படும்போது ஒளிமின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது; சில சமயங்களில் இரண்டு மடங்கு அதிகரிக்கிறது. இத்தகைய விளைவு வைரத்தில் (Diamond) ஏற்படுவதைப் படம் 8.2-ம், துத்தநாகக் கந்தகையில் (Zinc blende) ஏற்படுவதைப் படம் 8.3-ம் காட்டுகின்றன. 3130 A.U. அலைநீளமுள்ள ஒளி மட்டும் வைரத்தில் படுவதால் கிடைத்த மின் அளவுகள் *a* என்ற கோட்டில் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதே நேரத்தில் சிவப்பு அல்லது

புறச்சிவப்பு ஒளியும் சேர்ந்து படுவதால் கிடைத்த அளவுகள் *b* - யால் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. 3130 A ஒளி மட்டும் படுவதால்

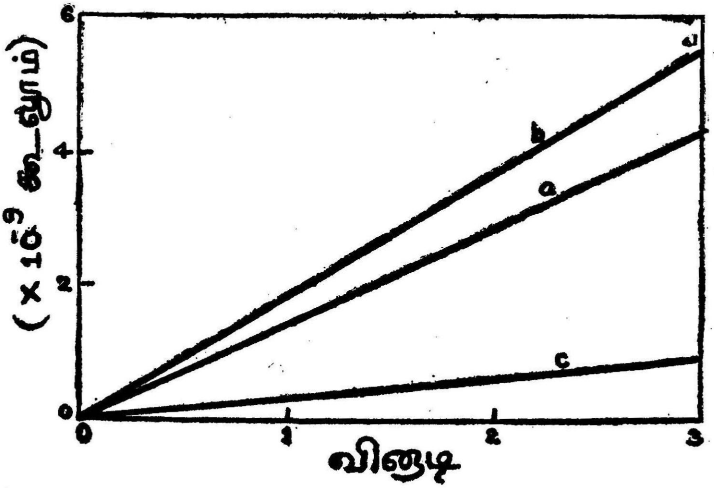


படம் 8. 2
வைரத்தில் புறச்சிவப்பு ஒளியால் ஏற்படும் விளைவு.

கிடைத்த அளவுகள் எடுக்கப்பட்ட பின்னர்ச் சிவப்பு ஒளியை மட்டும் படச் செய்து எடுத்த அளவுகள் *c* - யால் காட்டப்பட்டுள்ளன. இதே மாதிரித் துத்தநாகக் கந்தகையில் 4360 A ஒளியையும் புறச்சிவப்பு ஒளியையும் கொண்டு எடுத்த அளவுகள் படம் 8. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

கட்டன், போல் இருவரும் இதற்கான காரணங்களை விளக்கியுள்ளனர். படிகத்தினுள், முதலில், இயங்கமுடியாதபடி உள்ள (immobilised) நேர்மின்னேற்றத் துகள்கள் இருக்கின்றன. இவை அதிக அலைநீளமுள்ள ஒளியால் எதிர்மின்வாயை நோக்கி நகரச் செய்யப்படுகின்றன. நேர்மின் துகள்களின் எண்ணிக்கை எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாதலால், நேர்மின் துகள்கள் நகரும்போது, ஒளி மின்னோட்டம் அதிகரிக்கிறது. 3130 A ஒளியால் மட்டும் அளவுகள் எடுக்கப்பட்ட பின்னர்ச் சிவப்பு ஒளியால் எடுக்கப்பட்ட அளவுகள் இக் கருத்தை மெய்ப்பிக்கின்றன. படம் 8. 2 - ல் *c* என்ற கோடு இதனைக் காட்டுகிறது. இவை பத்து விநாடி இடை வெளியில் எடுக்கப்பட்ட அளவுகள். 40 விநாடிகள் கழித்துப்பார்த்தால் மின்னோட்டமே இருப்பதில்லை. எனவே, இந்த இடைவேளையில் எல்லா நேர்மின் துகள்களும் எதிர்மின்வாய்க்குச் சென்றுவிட்டன என அறியலாம்.

மேலும், இந்த நேர்மின்னூட்டம் அணுவை எடுத்துக்கொண்டு எதிர்மின்வாயை நோக்கிச்செல்வதில்லை. நேர்மின்னூட்டம்



படம் 8. 3
துத்தநாகக் கந்தகையில் புறச்சிவப்பு ஒளியால் ஏற்படும் விளைவு.

மட்டும் ஓர் அணுவிலிருந்து அடுத்த அணுவுக்குத் தாவித் தாவிச் சென்று எதிர்மின்வாயை அடைகிறது. ஆகவே, இந்த விளைவில் உண்டாகும் மின்னோட்டத்தை "எலெக்ட்ரான் முதன்மை ஒளிமின்னோட்டம்" (electron primary photoelectric current) என்றும், "நேர்மின்னூட்ட முதன்மை ஒளிமின்னோட்டம்" (positive primary photoelectric current) என்றும் பிரித்து வெவ்வேறாகக் கூறலாம். ஒரு படிகத்தில் ஒளி பட்ட உடனேயே முதன்மை ஒளி மின்னோட்டம் அதன் முழு அளவில் நிகழத் தொடங்குகிறது. மேலும் உட்கவரப்பட்ட ஒவ்வொரு குவான்டம் ஆற்றலுக்கும் ஓர் எலெக்ட்ரான் வீதம் விடுபடுகிறது. ஒளிமின் கடத்தும் படிகங்களில் ஹால் விளைவு (Hall effect) இருப்பதைக் கி.பி. 1916ஆம் ஆண்டு கண்டுபிடித்தனர். அதாவது மின்னோட்டத்தை எலெக்ட்ரான்களே எடுத்துச் செல்கின்றன என அறியப்பட்டது.

மின்னோட்டப் பண்புகள்

தனிப்பட்ட ஒளிமின்னோட்டத்தையும், இரண்டாம் நிலை மின்னோட்டம் மேற்பொருந்திய ஒளிமின்னோட்டத்தையும் பிரித்

தறிவதற்கு அவற்றின் தனிப் பண்புகள் (characteristics) தெரிய வேண்டுவது இன்றியமையாதது. அப் பண்புகளைக் கீழ்க்கண்ட வாறு ஒப்பிடலாம்:

எண்	முதன்மை ஒளிமின்னோட்டப் பண்புகள்	இரண்டாம் நிலை மின்னோட்டப் பண்புகள்
1.	ஒளியில் ஏற்படும் மாறுதல் களைத் தொடர்ந்து தாமத மின்றி மாறுகிறது.	மாறுவதற்குத் தாமத மாகிறது.
2.	மின்னோட்டம் ஒளிச் செறி வுக்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது.	விகிதச் சார்பற்றது; தயக்க விளைவுள்ளது. (hysterisis effect)
3.	தெவிட்டிய மின்னோட்டம் மின்புலத்தைப் பொறுத்த தன்று.	மின்புலத்துடன் எளிய சார்புத் தொடர்பற்றது.
4.	வெப்பநிலையைப்பொறுத்த தன்று.	வெப்பநிலையைப் பொறுத்தது.
5.	குவான்டம் சமநிலை உள்ளது.	குவான்டம் சமநிலை – அளவு மீறி உள்ளது.
6.	முழுமைப் படிகங்களில் ஏற்படுவது	படிகம் எவ்வளவுக் கெவ் வளவு முழுமையற்றதாக இருக்கிறதோ அவ்வளவுக் கவ்வளவு அதிகரிக்கிறது.

பல பொருள்கள் அவற்றின்மீது ஒளிபடும்போது தம் மின் கடத்தும் திறனை மாற்றிக் கொள்கின்றன. இந்த மாறுபாடு, எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கத்தினால் ஏற்படுமானால் அதை ஒளிமின் கடத்தல் (photoelectric conductivity) என்கிறோம். ஆனால், பல பொருள்களில் அப்படி எளிதான விளைவு ஏற்படுவ தில்லை. கி.பி. 1917ஆம் ஆண்டு கேஸ் (Case) என்பவர் 170 பொருள்களை (ஏறத்தாழ எல்லாக் கனிப் பொருள்களையும் ஆராய்ந்து அவற்றுள் 19 பொருள்கள்மட்டுமே ஒளிமின் கடத் தும் திறனுள்ளவை எனக் கண்டார். அவையாவன:

செலினியம், $Sb_2 S_3$, $Bi_2 S_3$, $Mo S_2$, $Ag_2 S$, PbS, $Ag_2 S$, $Ag_9 As S_6$, $Ag SbS_2$, $Pb_2 Sb_3 S_5$, $3 [cu_2 Pb] SS b_2 S_3$, $Pb_3 Sb_2 S_6$, $Ag_3 Sb S_6$, $Ag_3 As S_3$, $Ag_5 SbS_4$, $Ag_9 SbS_6$, $Ag I$, $Cu_2 0$, $Ag_2 0$ ஆகியவையாகும்.

பின்னர் வந்த ஆய்வாளர்கள் இன்னும் சில பொருள்களையும் இப் பட்டியலில் சேர்த்தார்கள். இவை எல்லாமே முழுமையற்ற படிகங்கள்; அல்லது பல சிறு படிகங்களைக்கொண்டு ஒரு படிகமாகச் சேர்க்கப்பட்டவை.

தனிப் படிகங்களைத் தவிர, மற்றவை யாவும் இரண்டாம் நிலை மின்னோட்டப் பண்புகளைக் கொண்டுள்ளன. பொருள்களில் செலினியம் (Selenium) சல்ஃபைடு (Sulphide), தாலபைடு (Thallafide) ஆகியவை கடத்தி - ஒளிமின் கலங்களில் மிகுதியாகவும் பயன்படுகின்றன. (தாலபைடு என்பது தாலியம், ஆக்சிஜன், சல்பைடு ஆகியவை சேர்ந்த கூட்டுப் பொருள்; இதனைக் கேஸ் உருவாக்கினர்.) இப் பொருள்கள் கடத்தி - ஒளிமின் கலங்களில் எவ்வாறு பயன்படுத்தப்படுகின்றன என்பதைப் பிறகு பார்க்கலாம்.

நின்றொளிர்தல்

சில நின்றொளிர் பொருள்களில் அவற்றின் நின்றொளிர் தன்மை (phosphorescence) அவற்றின் ஒளிமின் பண்புகளுடன் நெருங்கிய தொடர்புள்ளவையாக இருக்கின்றன. எலெக்ட்ரானை அதன் அணுவிலிருந்து ஒளிமின் முறையில் பிரித்தெடுப்பது, அப் பொருளின் நின்றொளிர் தன்மைக்குத் தேவையானதாக இருக்கிறது. இத்தகைய பொருள்கள் "பாஸ்பர்" (phospor) எனப் பெயரிடப்பட்டுள்ளன. இத் துறையில் லெனார்டு நிறைய ஆய்வுகள் செய்திருப்பதால் இப் பொருள்களை 'லெனார்டு பாஸ்பர்கள்' (Lenard phospors) எனவும் கூறுவதுண்டு. கால்சியம் சல்பைடு, பிஸ்மத், சோடியம் சல்பேட் ஆகியவற்றின் கலவையை உருக்கி CaBiS என்ற பாஸ்பர் பெறப்படுகிறது. பொதுவாக ஒரு பாஸ்பரின் அமைப்பை,

$A\ H$ + பாயம் + சிறிது M

எனக் குறிப்பிடலாம்.

Ca, *Ba*, *Sr*, *Mg*, *Be*, *Zn* இவற்றுள் ஏதாவது ஒன்று *A* ஆக இருக்கலாம்.

S, *Se* ஆகியவற்றுள் ஒன்று *H* ஆக இருக்கலாம்.

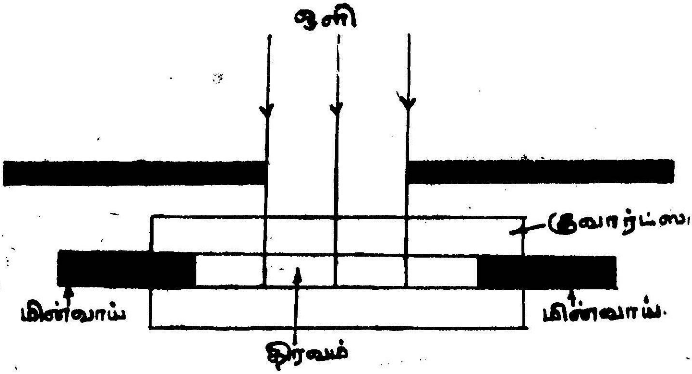
Bi, *Mn*, *Fe*, *Co*, *Ni*, *Cu*, *Zn*, *Ag*, *Sn*, *Sb*, *Pb*, *Ca* ஆகியவற்றுள் ஒன்று *M* ஆக இருக்கலாம்.

$Na_2\ So_4$, $Na_2B_4O_7$, $NaCl$ ஆகியவற்றுள் ஒன்று பாயமாக இருக்கலாம்.

பொருளின் நின்றொளிர் தன்மைக்குக் கனமான உலோகமான *M* மிகச்சிறிய அளவுக்குக் கலந்திருக்கவேண்டும். மற்ற ஆக்கக்

கூறுகள் தூய்மையாக இருந்து, M மட்டும் இல்லாதிருந்தால், பொருளுக்கு நின்றொளிர் தன்மையே இல்லாது போய்விடும். இந்தப் பொருள்களின் ஒளி வெளியீடு வீதம் வெப்பநிலை மிகும் போது மிகுதியாகிறது. திரவக் - காற்று வெப்பநிலையில் (liquid air temperature) நின்றொளிர்தல் மறைந்துவிடுகிறது. பொருளைச் சிவப்பு அல்லது அகச்சிவப்பு ஒளியில் படும்படி வைத்தால், அது மறுபடியும் தன் தொடக்க நிலையை அடைகிறது. அப்பொழுது நின்றொளிர் ஒளி வெளிப்பட்டால் அதற்கு முடுக்கம் பெற்ற நின்றொளிர்தல் (accelerated phosphorescence) என்பதும், சாதாரண ஒளி மட்டும் வெளிப்பட்டால் அதற்குத் தணித்தல் (quenching) என்பதும் பெயர்.

எல்ஸ்டர், கெய்ட்டல் ஆகியோர் சில பாஸ்பர்களுக்குப் பரப்பு ஒளிமின் விளைவு மிக அதிகமாக இருப்பதைக் கண்டனர்; லெனர்டு, சேலன்ட் (Saeland) ஆகியோர், நின்றொளிர் தன்மை பெறுவதற்குக் கிளர்ச்சியூட்டத் தேவையான மிகுந்த அலைநீள எல்லையே, பரப்பு ஒளிமின் விளைவை உண்டாக்குவதற்கும் தேவையான அலைநீள எல்லை எனக் கண்டுபிடித்தனர்.



படம் 8.4

திரவங்களில் கடத்தி — ஒளிமின் விளைவு பற்றி ஆராயும் அமைப்பு.

திரவங்களில் ஒளிமின் கடத்தல்

பெட்ரோலியம் ஈதர், கார்பன் டெட்ரா குளோரைடு, பென்சால் போன்ற மின் கடத்தாத் திரவங்கள், அவற்றின் மேல் எக்ஸ் - கதிர்கள், காமாக் கதிர்கள் போன்றவை படும்போது கடத்தும் தன்மை பெறுகின்றன என்பது நீண்ட நாள்களுக்கு

முன்பே கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. கோல்டுமன், பைக், வோல்மர் ஆகியோர் மற்றத் திரவங்களில் உள்ள கடத்தும் தன்மைபற்றி ஆராய்ந்து, கடத்தி - ஒளிமின் விளைவு, திரவங்களிலும் இருக்கிறது என்ற முடிவுக்கு வந்தனர்.

பல திரவங்களிலுள்ள கடத்தி - ஒளிமின் விளைவுபற்றி எல்லர் (Eller) என்பவர் ஆராய்ந்தார். அவர் பயன்படுத்திய அமைப்பு, படம் 8. 4 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் குவார்ட்ஸ் தட்டுக்கும் கண்ணாடித் தட்டுக்கும் இடையில் திரவம் 0·085 மி.மீ. கனத்திற்கு எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது. மின்வாய்கள் ஒளியின் பாதைக்கு வெளியே இருந்தன. மின்னோட்டம் ஓர் எலெக்ட்ராமீட்டரால் அளக்கப்பட்டது. ஒளிபடும் போது திரவத்திலுள்ள மின்தடையின் (resistance) அளவு குறைந்துகொண்டே வந்தது.

புற ஊதாக் கதிர்களைக்கொண்டு பல திரவங்களுக்கு மின் கடத்தும் தன்மையைக் கொடுக்கலாம் என்பது தெரிகிறது. இத் துறையில் புதிதாக ஆராயப்படவேண்டிய பல கேள்விகள் உள்ளன.

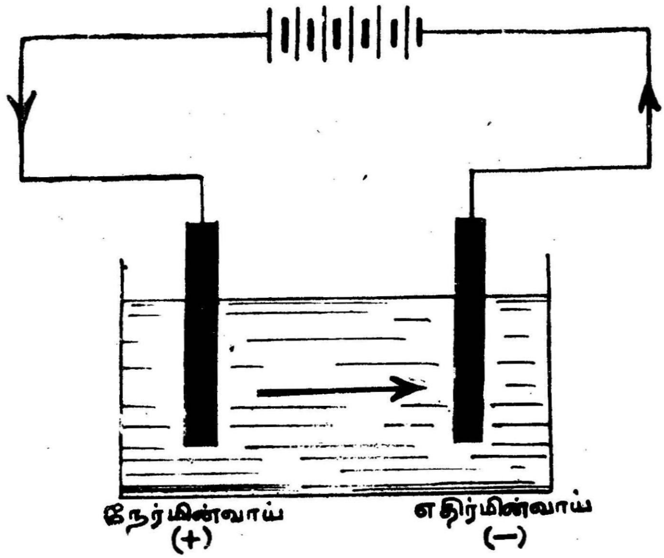
9. ஒளி வோல்ட்டா விளைவு

கி.பி. 1839ஆம் ஆண்டு பெக்கரல் (Becquerel), இரண்டு ஒரே மாதிரியான மின்வாய்களை (பிளாட்டினம் அல்லது வெள்ளி) நீர்த்த கந்தக அமிலத்தில் மூழ்கியிருக்குமாறு வைத்து, அவற்றின் மேல் ஒளி படும்படி செய்தால், அவற்றிற்கிடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு ஏற்படுவதைக் கண்டார். சில ஒளிர் மின்பகு பொருள்களையும், சில ஆக்சைடுகள், சல்பைடுகள் பூசப்பட்ட மின்வாய்களையும் பயன்படுத்தியபோதும் இந்த விளைவு ஏற்படுவதை ரிகலட் (Rigollot) கண்டார். இன்னும் சில ஆண்டுகள் கழித்து நிக்கல்ஸ், மெர்ரிட் ஆகியோர் ஒளிர் கரைசல்கள் அடங்கிய கலங்களின் மின்தடையில் வேறுபாடு ஏற்படுவதைக் கண்டனர். மின்வாய்களின் மேல் விழும் சமமற்ற ஒளியினால் ஏற்படும் மின்னழுத்த வேறுபாடுதான் இதற்குக் காரணம் என ஹாட்ஜ் (Hodge) விளக்கினார்.

ஒரு மின்பகுப்பானுக்குள் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரே மாதிரியான இரு மின்வாய்களின் மேல் வெவ்வேறு செறிவுள்ள ஒளி படும்போது அவற்றிற்கிடையே ஒரு மின் இயக்குவிசை (electro motive force) உண்டாக்கப்படுகிறது. இதனை ஒளி வோல்ட்டா விளைவு (photo voltaic effect) எனக் கூறலாம். சிலர் இதனைப் பெக்கரல் விளைவு (Becquerel effect) என்றும் கூறுவர். இந்த ஒளி வோல்ட்டா விளைவைச் சில பரிசோதனை முடிவுகளைக்கொண்டு இஃது ஓர் ஒளிமின் விளைவு எனக் கூறியபோதிலும் வேறு சில பரிசோதனை முடிவுகளைக்கொண்டு இதனை ஓர் ஒளி வேதியியல் விளைவு (photo chemical effect) என்றும் கூறலாம்.

படம் 9. 1-ல் ஒரு மின்பகு பொருளுக்குள் இரண்டு ஒரே மாதிரியான மின்வாய்கள் வைக்கப்பட்டு அவை ஒரு மின்கலத் தொடரினால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. கலத்திற்கு வெளியிலுள்ள மின் இயக்குவிசையினால் மின்னோட்டம் செலுத்தப்படும்போது, மின்பகுப்பான் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டம் நேர்மின்

தகட்டிலிருந்து (anode) புறப்படுகிறது. இது நேர்மின் வாய் எனப்படுகிறது. படம் 9. 2 - ல் கலம்தான் மின் இயக்குவிசையை



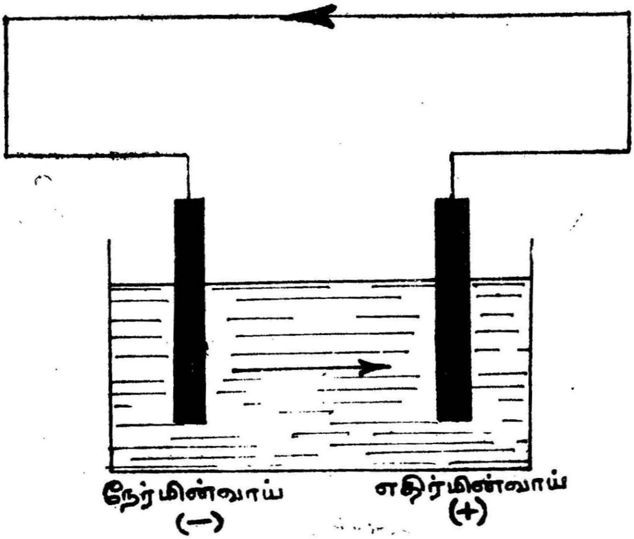
படம் 9. 1
வெளி மின்னியக்கு விசை உள்ள கலம்.

வழங்குகிறது. இப்போதும் மின்னாற் பகுப்பான் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டம் நேர்மின் தகட்டிலிருந்து புறப்படுகிறது; ஆனால், இப்போது இதற்கு எதிர்மின்வாய் என்பது பெயர்.

ஆய்வில் பயன்படுத்திய மின்கலங்கள்

ஒளி வோல்ட்டா விளைவுகளைக் கீழ்க்காணும் மின்கலங்களைப் பயன்படுத்தி ஆராய்ந்தனர்: (1) ஓர் அமிலத்தையோ அல்லது கரியமற்ற உப்பையோ (inorganic salt) மின் பகுபொருளாகவும், சில உலோகங்களின் ஆக்சைடு, சல்பைடு, ஹேலைடு (Hallide) ஆகியவற்றை மின்வாய்களாகவும் கொண்ட மின்கலங்கள்; (2) கரியமற்ற மின்பகு பொருள்களில் முழுக்கி வைக்கப் பட்ட தூய உலோக மின்வாய்களைக்கொண்ட மின்கலங்கள்; (3) ஒளிரும் கரைசல்களில் முழுக்கி வைக்கப்பட்ட தூய உலோக மின்வாய்களைக்கொண்ட மின்கலங்கள்; (4) இரண்டு உலோகத் தட்டுகளுக்கிடையே செலினியம், மோலிப்டீனைட் (molybdenite) போன்ற குறைகடத்திகள் பொருத்தப்பட்ட மின்கலங்கள். இவற்றுள் இரண்டாவதாகக் கூறப்பட்ட மின்கலத்தில் 10 மைக்ரோ வோல்ட்டுக்கும் குறைவான மின்னழுத்த வேறுபாடே கிடைத்தது.

மற்றவற்றில் 100 மில்லிவோல்ட் வரையும் அதற்கு மிகுதியாகவும் மின்னழுத்த வேறுபாடு கிடைத்தது.



படம் 9. 2
மின்னியக்கு விசை வழங்கும் கலம்.

சோதனை முடிவுகள்

டக்கர் (Tucker) பல மின்கலங்களைக்கொண்டு முறையான பரிசோதனைகளைச் செய்தார். சில்வர் ஹேலைடு (silver halide), குப்ரஸ் ஆக்சைடு (cuprous oxide) ஆகியவற்றை மின்வாய்களாக வும், பல வகைப்பட்ட உப்புக் கரைசல்களை மின் பகு பொருள்க ளாகவும் அவர் பயன்படுத்தினர். மின்பகுப்பானல், ஒளிபடும் மின்வாய் துருவிகரணம் (oxidised) செய்யப்பட்டால், அது நேர் மின் வாயாகவும், மின்பகுப்பானல் மின்வாய் குறைக்கப்பட்டால் (reduced) அது எதிர் மின்வாயாகவும் செயல்படுவதாக அவர் கண்டுபிடித்தார். மின்வாயில் ஏற்படும் உள்நிகழ்ச்சியால் இது மாறுபடலாம். ஆகவே, ஒளிமின் விளைவை அவர் ஓர் ஒளி வேதியியல் விளைவாகக் கருதினர்.

ஆனல் வின்தர், ஒளியினல் ஏற்படும் கடத்துதிறன் மாறு பாடு, அப் பொருள்கள் அயனிகளை உட்கவரும் திறனை மாற்றுவ தாகக் கூறினர்; இதனல் மின்னழுத்த மாறுபாடு உண்டாவதாகக் கூறினர். ஐமோரி, டேக்பி (Iimori and Tekbe) ஆகியோர் சில்வர் ஐயோடைடு (silver iodide) மின்வாய்களைக்கொண்டு

ஆராய்ந்தனர். அவர்கள் ஒளி படும் மின்வாய் எப்போதும் நேர் மின்வாயாகவே செயல்படுகிறது எனக் கண்டுபிடித்தார்கள். மேலும், ஒளி படும் நேரத்திற்கும், உறுதியான மின்னழுத்த மாறு பாடு ஏற்படும் நேரத்திற்கும் உள்ள காலதாமதம் சில செகண்டுகளிலிருந்து பல நிமிடம் வரை உள்ளதாகவும் அவர்கள் கண்டார்கள்.

ஒளிர் மின்பகுப்பான்களைக் கொண்டுள்ள கலங்களில், ஏற்படும் ஒளிமின்னோட்டம் ஒளியின் செறிவுக்கு நேர்விகிதத் திலும், இணைப்பின் புற மின்தடையைப் பொறுத்து இல்லாம லிருப்பதையும் கோல்டுமென் (Goldmann) கண்டுபிடித்தார். கலத்தின் மின்வாய் மட்டும் ஒளி படும்படி வைக்கப்பட்டால், அதன் மின்னழுத்தம் *Es* அதிக நேர்க்குறியுடையதாக அமைந்து, ஒரு குறிப்பிட்ட வீதத்தில் அதிகரித்துப் பெரும அளவை அடைந்து, பிறகு குறைந்து எதிர்க் குறியுடையதாக மாறுவதாக, கிரம்பேச் (Grumbach) கண்டுபிடித்தார். மேலும், மின்வாய் மட்டும் இருட்டில் வைக்கப்பட்டு, அதற்கு அருகிலுள்ள திரவ மின்பகுப்பான் ஒளி படும்படி வைக்கப்பட்டால், மின்வாய் தொடக்கத்திலிருந்தே எதிர் மின்னழுத்தம் பெறுவதாகவும் அவர் கண்டுபிடித்தார்.

ஒரு செலீனியம் கம்பியுடன் இணைக்கப்பட்ட பிளாட்டினம் கம்பிகளை மின்கலம் இல்லாத இணைப்பில் சேர்த்து, ஒரு சந்திப் பின் மேல் ஒளி படும்படி செய்தால், அந்த இணைப்பில் மின் னோட்டம் நிகழ்வதை ஆடம்ஸ், டே (Adams and Day) ஆகியோர் கி.பி. 1876 - ல் கண்டுபிடித்தனர். ஒளிபடும் முனை பொதுவாக எதிர்மின்னழுத்தத்துடன் அமைகிறது. இந்த அமைப்பில் சூரிய ஒளி படும்போது 0·12 வோல்ட் வரை மின்னழுத்த வேறுபாடு கிடைத்தது. ஏதாவது ஒரு மின்வாயில் ஒளிபட்ட போது அது எதிர் மின்வாயாக மாறியது. மோலிப்டினைட் படிகங்களிலும் இம் மாதிரி விளைவு ஏற்படுவதைக் கோப்லென்ட்ஸ் (Coblentz) என்பார் கண்டுபிடித்தார். குப்ரஸ் ஆக்சைடிலும், வெளி மின்கலம் இல்லாமலே மின்னோட்டம் ஏற்படுவதை லேன்ஜ் (Lange) என்பார் கண்டுபிடித்தார். இவை ஒளிமின் கலங்களில் எவ்வாறு பயன் படுத்தப்படுகின்றன என்பதைப் பின்னர்ப் பார்க்கலாம்.

மேற்கூறிய பரிசோதனைகளிலிருந்து ஒளி வோல்ட்டா விளைவு ஒளி வேதியியல் தன்மைகளைப் பெற்றுள்ளது எனக் கூற முடிந் தாலும், ஒளி மின்னியல் தன்மைகளைப் பெற்றதன்று என அறுதி யிட்டுக் கூறமுடியாது. எனவே, ஒளி வோல்ட்டா விளைவும், ஒரு வகை ஒளிமின் விளைவுதான்,

10. எக்ஸ்-கதிர் காமாக் கதிர் ஆகியவற்றின் ஒளிமின் விளைவு

ஒளிமின் கலங்களில் கட்புலனாகும் ஒளியினாலும் புற ஊதாக் கதிர்களினாலும் ஏற்படும் ஒளிமின் விளைவுதான் முக்கியமானது. எனினும், எக்ஸ் - கதிர்களாலும் காமாக் கதிர்களாலும் ஏற்படும் ஒளிமின் விளைவுகளைப்பற்றியும் ஓரளவாவது தெரிந்துகொள்ள வேண்டியது மிக இன்றியமையாதது. எனவே, அவற்றைப் பற்றிச் சுருக்கமாக இங்குப் பார்ப்போம். இதுவரை செய்யப் பட்ட பரிசோதனைகளிலிருந்து கிடைத்த முடிவுகள் வருமாறு:

1. அதிக ஆற்றலுள்ள காமாக் கதிர்கள் உட்பட, எல்லா வகையான அதிர்வெண்ணுள்ள வீசுகதிர்களால் வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களும் ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டை உறுதிப் படுத்துகின்றன.

2. ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாடு தலைகீழ் ஒளிமின் விளைவுக்கும் **(inverse photoelectric effect)** பொருந்துவதாகக் கண்டுபிடிக்கப் பட்டது. எலெக்ட்ரான்களால் எக்ஸ் – கதிர் போன்ற கதிர்வீச்சு உண்டாக்கப்படுவது, தலைகீழ் ஒளிமின் விளைவு எனப்படுகிறது. இதனைப் பயன்படுத்தித்தான் பிளாங்க் மாறிலி **(Planck's constant)** துல்லியமாகக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளது.

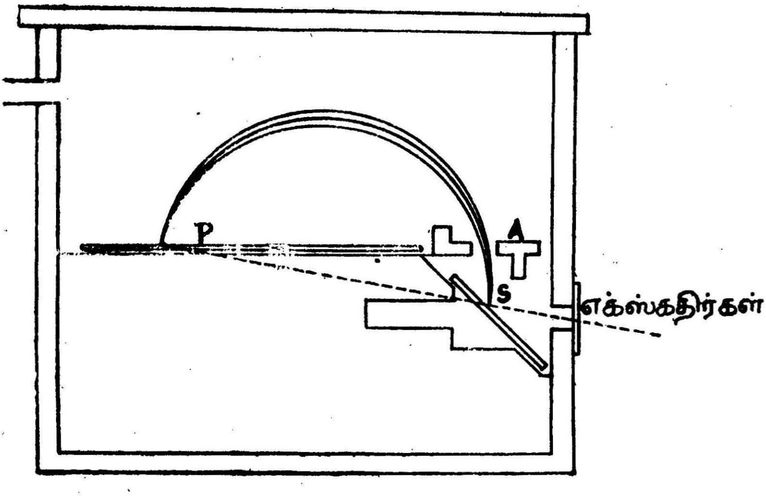
3. எக்ஸ் - கதிர்கள், காமாக் கதிர்கள் ஆகியவற்றால் வெளி யேற்றப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசை வேகத்தை அளந்து அணு ஆற்றல் மட்டங்களும் **(atomic energy levels)** வீசு கதிரின் அலைநீளங்களும் கணக்கிடப்படுகின்றன.

4. புற ஊதாக் கதிர்களால் காணப்பட முடியாத, சில ஒளிமின் விளைவுகளைப்பற்றிய உண்மைகள், எக்ஸ் - கதிர், காமாக் கதிர் பரிசோதனைகளால் காணப்பட்டன,

டி பிராக்லியின் ஆய்கருவி

கட்புலனாகும் ஒளியால் வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் ஒரு வோல்ட் அளவைவிடக் குறைவானது. ஆனால், எக்ஸ்-கதிர், காமாக் கதிர்களால் வெளியேற்றப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் மிக அதிகமானது. சில சமயங்களில் இவை பல மில்லியன் வோல்ட் ஆற்றல் பெற்றவையாக இருக்கின்றன. எனவே, இதற்கான பரிசோதனை முறைகளும் மாறுபட்டவையாகின்றன.

டி பிராக்லி (De Broglie) பயன்படுத்திய ஆய்கருவியின் அமைப்பு, படம் 10. 1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. S என்பது ஒரு மெல்லிய உலோகத் தகடு. அதன்மேல் எக்ஸ்-கதிர்கள் படுவதால் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன.



படம் 10. 1

எக்ஸ்-கதிர் ஒளி எலெக்ட்ரானை ஆராயும் டி பிராக்லி காந்த நிறமாலைமானி.

தம்முடைய திசைவேகத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட கோணத்தில் பெற்றுள்ள எலெக்ட்ரான்கள்மட்டும் A என்ற பிளவு வழியாகச் செல்லுகின்றன. படத்திற்கு நேர்க்குத்தாகச் செயல்படும் ஒரு காந்தப் புலத்தினால் இவற்றின் பாதை வட்டப் பாதையாக

மாற்றப்படுகிறது. இந்த எலெக்ட்ரான்களில், ஒரே அளவு திசைவேகம் கொண்டவை அனைத்தும், அரைவட்டத்தைக் கடந்த பிறகு, P என்ற நிழற்படத் தட்டின்மேல் குவிக்கப்படுகின்றன. ஆகவே, நிழற்படத் தட்டில் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேக நிறமாலை (velocity spectrum) பதிவு செய்யப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான்கள் கடந்துசெல்லும் வட்டப் பாதையின் ஆரம், நிழற்படத் தட்டிலிருந்து நேரடியாக அளக்கப்பட்டு அவற்றின் திசைவேகம் கணக்கிடப்படுகிறது.

காந்தப் புலத்தின் வலிமை H உள்ளபோது, அதனுள் v என்ற திசைவேகத்துடன் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் மேல் செயல்படும் விசை Hev. இது எலெக்ட்ரானின் மைய நோக்கு விசையான mv^2/r - க்குச் சமம். இங்கு m என்பது எலெக்ட்ரானின் நிறை; r என்பது அதன் பாதையின் ஆரம்.

எனவே $Hev = \frac{mv^2}{r}$

$$v = \left(\frac{e}{m}\right) Hr$$

இதிலிருந்து திசைவேகத்தைக் கண்டுபிடிக்கலாம். மிகுந்த திசைவேகமுள்ள எலெக்ட்ரான்களுக்கு, அவற்றின் நிறைமாறுதல்களைக் கணக்கில் எடுத்துக்கொள்ள வேண்டுமென டிபிராக்லி குறிப்பிட்டார். m_0 நிலை நிறையாக (rest mass) வும், v/c - ஐ β - வாகவும் குறிப்பிட்டால்,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

$$\therefore \quad Hr = \frac{m_0}{e} \frac{v}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

இச் சமன்பாடுகளிலிருந்து எலெக்ட்ரானின் இயக்க ஆற்றல் E - ஐ,

$$E = m_0 c^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1\right]$$

என்ற சமன்பாட்டால் கணக்கிடலாம்.

அண்மைக் காலத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட கருவிகளில் நிழற்படத் தட்டுக்குப் பதிலாக அவ்விடத்தில் புல கண்டுணர்

கருவிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ராம்சாயர் தம் பரிசோதனையில் எலெக்ட்ரா மீட்டருடன் இணைக்கப்பட்ட ஃபேரடே அளவியைப் பயன்படுத்தினர். அதிவேக எலெக்ட்ரான்களைப் பதிவு செய்ய, சாட்விக் (Chadwick) கைகர் முல்லர் எண்ணியைப் பயன்படுத்தினர். இப் பரிசோதனைகள் மூலம் அணு ஆற்றல் மட்டங்கள் கணக்கிடப்பட்டன.

ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படும் திசையைப்பற்றி ஆராய வில்சன் முகிலறை (Wilson's cloud chamber) பயன் படுத்தப்படுகிறது. இம் முறையில் தனித்தனியாக ஒவ்வோர் ஒளி எலெக்ட்ரானின் பாதையும் தெளிவாகத் தெரிகிறது. பாதையின் நீளத்தை அளப்பதன் மூலம் எலெக்ட்ரானின் ஆற்றலை யும் தோராயமாக மதிப்பிடலாம்.

பெருக்கி - ஒளிமின் விளைவு

முகிலறையைப் பயன்படுத்தி வில்சன், ஆகர் (Wilson and Auger) ஆகியோர், ஒரு குவான்டம் ஆற்றலுக்கு ஒரே அணுவி லிருந்து மூன்று அல்லது நான்கு எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படு வதைக் கண்டனர். எக்ஸ் - கதிர் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் காந்த விலகல் நிறமாலைகளில் (magnetic deflection spectra), எக்ஸ் - கதிர்கள் படுவதால் வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் கோடுக ளோடு, உட்கவரும் பொருளில் படும் ஒளிர் கதிர்களால் வெளிப் பட்ட எலெக்ட்ரான்களின் கோடுகளும் தெரிந்தன. இதிலிருந்து ஒரு குவான்டம் ஆற்றல் பட்டால், வேறுபட்ட ஆற்றல்களை யுடைய பல எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன எனத் தெரிகிறது. வெளிப்படும் எல்லா எலெக்ட்ரான் ஆற்றல்களின் கூட்டுத் தொகை, படும் குவான்டத்தின் ஆற்றலைவிட மிகுதியாக இருக்க முடியாது இதுதான் பெருக்கி - ஒளிமின் விளைவு (multiple photoelectric effect) எனப்படுகிறது.

காமாக் கதிர்களின் விளைவு

காமாக் கதிர்களால் வெளியேற்றப்படும் எலெக்ட்ரான்களில், ஒளியின் திசைவேகத்தில் பத்தில் ஒரு பங்கு திசைவேகம் பெற்றவைகூட உள்ளன. காமாக் கதிர்களால் அணுவின் மிக ஆழமான மட்டத்தில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள்கூட வெளியேற் றப்படுகின்றன. கனமான அணுவான யுரேனியத்தில் K மட்டத்தி லிருந்தும் எலெக்ட்ரான்களைக் காமாக் கதிர்கள் வெளியேற்று கின்றன, எக்ஸ் - கதிர்களால்கூட அளக்க முடியாத அணு

ஆற்றல் மட்டங்களையும் காமாக் கதிர்களின் துணையால் அளக்கலாம்.

மேலும், எலெக்ட்ரான் வெளிப்படும் அணு ஆற்றல் மட்டம் தெரிந்தால், படும் காமாக் கதிரின் அலை நீளத்தை ஐன்ஸ்டீன் சமன்பாட்டைக்கொண்டு கணக்கிடலாம். பல காமாக் கதிர்களின் அலைநீளங்கள் இம் முறையில் துல்லியமாக அளக்கப்பட்டுள்ளன.

எக்ஸ் - கதிர், காமாக் கதிர்களினால் ஏற்படும் ஒளிமின் விளைவுபற்றிய பரிசோதனைகள் பல நுணுக்கமான உண்மைகளைப் புலப்படுத்துவதால், இவைபற்றிய ஆய்வு தொடர்ந்து நடைபெற்று வருகிறது.

11. ஒளி உணர்திறன் பரப்புகள்

ஒளிமின் விளைவுகளின் கொள்கைகள்பற்றியும் அவற்றின் வெவ்வேறு வகைகளைப்பற்றியும் இதுவரை பார்த்தோம். இப்போது ஒளிமின் விளைவை நடைமுறையில் பயன்படுத்த ஏற்பட்டுள்ள அமைப்புகள்பற்றியும் — அஃதாவது ஒளிமின் கலங்களைப் பற்றியும் — அவற்றைச் செய்யும் முறைகளைப்பற்றியும் பார்க்கலாம்.

சாதாரண வெளிவிடு ஒளிமின் விளைவு உலோகத்தின் மெல்லிய பரப்பு அடுக்குகளில் நடைபெறுகிறது. ஒளி உலோகத்தினுள் செல்லும்போது அதன் ஆற்றலை உட்கவர்ந்த எலெக்ட்ரான்கள் உலோகத்தின் பரப்பை ஊடுருவிச் செல்லும்போது தான் இந்த விளைவு நிகழ்கிறது. ஆகவே, வெளிவிடு பரப்பின் புற, அகத் தன்மைகளைப் பொறுத்தே ஒளிமின் விளைவு அமையும். ஆகவே, அப் பரப்புகளைப்பற்றி முதலில் பார்ப்போம்.

உலோகப் பரப்பின் மேலுள்ள கார உலோக ஏடுகள்

முன்பே கூறியதுபோல், கட்புலனுக்கும் ஒளிக்கு மிக்க உணர்திறன் பெற்றது கார உலோகங்களே ஆகும். தூய பிளாட்டின உலோகம், புற ஊதாக் கதிர்களுக்குமட்டுமே உணர்திறன் பெற்றதாயிருந்தாலும், பொட்டாசிய ஒளிக்குழாயினுள் வைக்கப்படும்போது அதன் நேர்மின் தகடு பொட்டாசியம் போலவே உணர்திறன் அடைகிறது என்பதைக் கெய்ட்டல் கண்டார். பிளாட்டின நேர்மின் தகட்டைச் சூடேற்றினால் அதன் ஒளி உணர்திறன் மறைந்து விடுகிறது. குளிரச் செய்யும்போது அது மறுபடியும் தன் நிலையை அடைகிறது. பொட்டாசிய ஆவியிலுள்ள பொட்டாசிய அணுக்கள், பிளாட்டினத் தட்டின்மேல் படிவதால் தான் பிளாட்டினத்திற்கு இந்தத் தன்மை உண்டாகிறது. சூடுபடுத்தும்போது உறிஞ்சப்பட்ட பொட்டாசிய அணுக்

கள் வெளிப்படுவதால், பிளாட்டினம் ஒளி உணர்திறனை இழந்து விடுகிறது எனக் கெய்ட்டல் கூறினர்.

மேற்கண்ட விளைவு, சீசியம் ஆவியில் சூழப்பட்ட டங்க்ஸ்டன் பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் வெப்ப அயனி விளைவுடன் நெருங்கிய தொடர்புகொண்டது என்பது டெய்லர், லாங்முயர், பெக்கர் ஆகியோர் செய்த பரிசோதனைகளிலிருந்து தெரியவந்தது, இந்தப் பரிசோதனைகளிலிருந்தும், இதற்கு முந்திய ஆய்வுகளிலிருந்தும் கீழ்க்கண்ட முடிவுகள் பெறப்பட்டன :

1. சீசியம் ஆவியில் சிறிது நேரம் வைக்கப்பட்ட ஒரு டங்க்ஸ்டன் கம்பி சூடேற்றப்படும்போது அது சீசியம் அணுக்களை வெளியிடுவதில்லை; ஆனால், நேர் மின்னேற்றம்கொண்ட சீசியம் அயனிகளையே வெளிவிடுகிறது. சீசியம் ஆவியின் அழுத்தம் தெரிந்தால், டங்க்ஸ்டன் பரப்பின் மேல் சீசியம் படியும் வீதத்தைக் கணக்கிடலாம். டங்க்ஸ்டன் பரப்பில் ஏறத்தாழ எட்டில் ஒரு பங்கு அளவு சீசியம் அணுக்களால் மறைக்கப்படும் கால அளவு வரைதான் சீசியம் அயனியாக ஆவியாகிறது. இதைவிட மிகுதியான பரப்பு மறைக்கப்படும்போது, சீசியத்தின் மிகுதிப் பகுதி டங்க்ஸ்டன் கம்பியை நடுநிலை அணுக்கள் பெற்றதாக ஆக்குகிறது.

2. தூய்மையான நிலையிலுள்ள டங்க்ஸ்டன் பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றல் 4·54 எலெக்ட்ரான் வோல்ட். சீசியம் அணுக்கள் டங்க்ஸ்டன் பரப்பை மறைக்கும் அளவு மிகுதியாக ஆக, வெளியேற்று ஆற்றல் குறைந்துகொண்டே வந்து பரப்பு முழுவதும் மறைக்கப்படும்போது வெளியேற்று ஆற்றல் 1·54 எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டாகிறது. சீசியத்தின் ஒற்றை அணு அடுக்கு (mono atomic layer) என்பது, பரப்பின்மேல் சதுரமீட்டருக்கு 4×10^{18} அணுக்கள் இருப்பதற்குச் சமமாகும். டங்க்ஸ்டனின் மேல் ஒற்றை அணு அடுக்குக்கு அதிகமான சீசியம் படியும்போது, பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றல் மறுபடியும் அதிகரிக்கத் தொடங்கி, முடிவில் சீசியத்தின் பரும வெளியேற்று ஆற்றலான 1·81 எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அளவை அடைகிறது.

இந்த முடிவுகளை அடிப்படையாகக்கொண்டு உட்கவர்தல் முறையை விவரிக்க முடியும். டங்க்ஸ்டன் பரப்பிற்கும் எலெக்ட்ரான்களுக்குமிடையே அதிகமான இணைப்பீர்ப்பு இருப்பதால், முதல் சீசியம் அணுக்களின் எலெக்ட்ரான்கள், பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றலினால் பிரதிபலிக்கப்பட்டு டங்க்ஸ்டன் உலோகத்தி

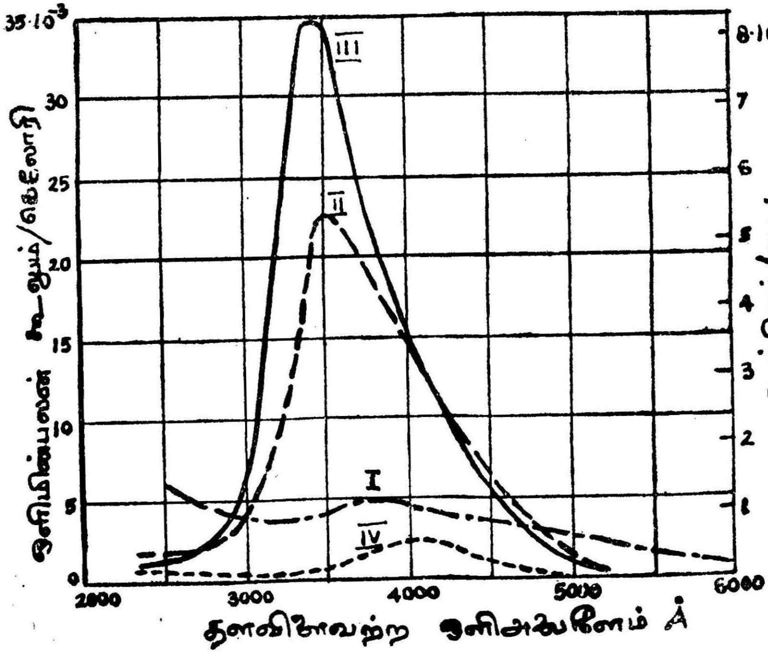
னுள் ஈர்க்கப்படுகின்றன. எலெக்ட்ரான்கள் போக எஞ்சியுள்ள அணுவின் உள் மையப் பகுதி நிலேமின் விசைகளால் பரப்புடன் நேர்மின் அயனிகளாகக் கட்டுண்டு நிற்கிறது. இந்த அயனிகளும் எலெக்ட்ரான்களின் தொகுப்பும் சேர்ந்து உலோகப் பரப்பில் ஒரு மின் இரட்டை அடுக்காக அமைகின்றன. இதில் நேர் மின்னேற்றம், உலோகப் பரப்பின் வெளிப்புறம் அமைகிறது.

இந்த அடுக்கு, உலோகத்திலிருந்து எலெக்ட்ரான் வெளிப் பட உதவுவதால், பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றல் குறைக்கப் படுகிறது. இப்படி உட்கவரப்பட்ட அயனிகள் இருப்பதால், இதன் பிறகு அங்கு வரும் சீசியம் அணுக்களின் பரப்புத் தள விளைவு குறைகிறது. சீசிய அணுக்கள் இந்த அயனிகளுக் கிடையே படிகின்றன. ஆகவே, அவை அவற்றின் முழு அமைப்பு முறையைத் தங்க வைத்துக்கொள்கின்றன. ஆனல், அணுக் கருவைச் சூழ்ந்துள்ள எலெக்ட்ரான் தொகுப்பு வெளிப் பரப்பை நோக்கி நகர்த்தப்படுகிறது. ஆகவே, உட்கவரப்பட்ட அணுக் களும் மின் இரட்டை அடுக்கின் பலனே அதிகரிப்பதால், வெளியேற்று ஆற்றல் மேலும் குறைக்கப்படுகிறது. டங்ஸ்டன் பரப்பு முழுவதும் சீசிய அயனி மற்றும் அணுக்களின் ஒற்றை அடுக்கால் மறைக்கப்படும் வரை இந்த நிலே தொடர்கிறது. மேலும், சீசிய அணுக்கள் சேர்க்கப்படும்போது, மின் இரட்டை அடுக்கின் பயனுள்ள வலிமை குறைகிறது. அதனல் உலோகப் பரப்பு உட்கவரப்பட்ட உலோகத்தின் (அல்லது வாயுவின்) தனித்த பண்புகளே அடையும்வரை, அதன் வெளியேற்று ஆற்றல் மெல்ல அதிகரிக்கிறது.

இந்த விளக்கம், கார உலோகப் பூச்சுக்கொண்ட உலோக எதிர்மின் பரப்புகளின் பயன்தொடக்க நிலேயில் ஏற்படும் மாறு தல்களுக்கும், உட்கவரப்பட்ட அடுக்கின் தடிப்பினல் வெளிப் படும் வெப்ப அயனி மாறுதல்களுக்கும் சரியாக அமைகிறது. ஆனல், நிறமாலேப் பகிர்வு வளேகோட்டின் தேர்ந்த பெரும அளவிற்குச் சரியான காரணம் வேண்டியுள்ளது. இந்தப் பெரும அளவு, பரப்பின் மேல் படும் ஒளியின் மின்வெக்டார் கூறு ஒன்று பரப்பிற்கு நேர்க்குத்தாக உள்ளபோது காணப்படுகிறது. பரப்பு நயமற்றதாக உள்ளபோதும், பரப்பு தளவிளேவடையாத ஒளியினல் சாய்வாக (oblique) ஒளியூட்டம் பெறும்போதும், படு தளத்திற்கு இணையாக ஒரு மின்வெக்டார் அமையும்படி தளவிளே வாக்கப்பட்ட ஒளியாலும் இந்தப் பெரும அளவு உண்டாக்கப் படுகிறது. நுண்ணிய மெதுவான பரப்புகளில் நேர்க்குத்து ஒளியூட்டம் உள்ளபோதும், படு தளத்திற்கு நேர்க்குத்தாக

மின்வெக்டார் கூறு அமையும்படி தளவிளைவுற்ற ஒளி படும் போதும் தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவு உண்டாவதில்லை.

பொட்டாசிய ஏடுகள் படிந்த ஒரு பிளாட்டினத் தகட்டின் மேல் சாய்வாக ஒளிபடும்போது ஏற்படும் நிறமாலை ஒளிமின் பலன் வளைகோடுகளைப் படம் 11. 1 காட்டுகிறது. மிகமிக மெல்லிய



படம் 11. 1

பிளாட்டினம் தகட்டின்மேல் படிந்த பொட்டாசிய ஏடுகளின் வெவ்வேறு தடிப்பின் நிறமாலை — ஒளிமின் பலன்.
I — ஒற்றை அணுத் தடிப்பு; II, III — கட்புலனாகாத அதிக தடிப்பு; IV—கட்புலனாகும் தடிப்பு.

பொட்டாசிய ஏடுகொண்ட பிளாட்டினத் தகட்டிற்குத் தூய பிளாட்டினத் தகட்டிற்கு அமையும் சாதாரண வளைகோடு கிடைக்கிறது. வளைகோடு I ஒற்றை அணுத் தடிப்புள்ள ஏட்டிற்குக் கிடைக்கும் வளைகோடு. இதில் பெரும அளவு பயன்தொடக்க நிலை காணப்படுகிறது. தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவின் பெரும அளவு இதில் புலப்படவில்லை. ஏட்டின் தடிப்பு இந்த ஒற்றை அணுத் தடிப்பை விட அதிகமாகும்போது பயன்தொடக்க நிலை குறைந்த அலைநீளப் பக்கம் செல்கிறது. அதனால் வளைகோடு II, III - ல்

உள்ளதுபோலத் தேர்ந்த விளைவின் பெரும அளவு நன்கு புலப்படுகிறது. இந்தப் பெரும அளவும் தடிப்பு மிக அதிகமாகும்போது மறுபடியும் குறைகிறது. தடிப்பு, கண்ணுக்குப் புலப்படும் அளவை அடையும்போது வளைகோடு IV-ல் உள்ளதுபோல ஒளிமின் விளைவு மிகவும் குறைந்துவிடுகிறது.

புதுமையான குளிர்ச்சியான வெள்ளிப் பரப்பின்மீது கார உலோக ஏடுகளை அமைத்து, பிராடி (Brady) என்பவர் பயன் தொடக்க அலைநீளத்தின் பெரும அளவு ($\lambda_{o\ max}$) அதற்கேற்ற உலோக அணுத் தடிப்புள்ள அடுக்குகளின் எண்ணிக்கை (n_o), மிக அதிகமான ஒளிமின் பலன் கொடுக்கும் அடுக்குகளின் எண்ணிக்கை (n_1), உறுதியான ஒளிமின் பலனைக் கொடுக்கும் அடுக்குகளின் எண்ணிக்கை (n_2), அதன் பயன்தொடக்க அலை நீளம் (λ_{02}) ஆகியவற்றைப் பொட்டாசியம், ருபீடியம் (Rubidium), சீசியம் ஆகியவற்றுக்குக் கண்டுபிடித்தார். அவை கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன :

தனிமம்	$\lambda_{o\ max}$ A.U.	n_0	n_1	λ_{02}	n_2
பொட்டாசியம்	5800	3	12·4	5500	19
ருபீடியம்	6200	1·5	5·0	5900	12
சீசியம்	6600	1·5	5·0	6300	10

வெள்ளியாலான பரப்பின் நயத்தன்மைக்கு வேண்டிய திருத்தங்களைப் பிராடி எடுத்துக்கொள்ளாததால் அவருடைய n_0, n_1, n_2 ஆகியவற்றின் மதிப்பு மிக அதிகமானவை என டி போயர் (De Boer) கூறினர்; மேலும், குறைந்த வெப்பநிலைகளில் உட்கவரப்பட்ட கார உலோக அணுக்களின் இயக்கம் மிகக் குறைவானதால், அவை ஒரே சீரான தடிப்புள்ள அடுக்குகளை அமைக்க முடியாது என்றும் கூறினர். இருப்பினும் நிறமாலைப் பகிர்வில் தேர்ந்த பெரும அளவு, ஏட்டின் தடிப்பு மிகக் குறைந்த வெளியேற்று ஆற்றலுக்கான தடிப்பைப் போல மூன்று அல்லது நான்கு மடங்கு உள்ளபோது நிகழ்கிறது என்பது தெளிவான உண்மையாகும்.

ஆகவே, தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவு ஆதார உலோகத்தில் உண்டாவதில்லை; ஆனல், அதனல் உட்கவரப்பட்ட அல்லது அதன்

மேல் படிந்துள்ள ஏட்டிலிருந்துதான் உண்டாகிறது என்பது தெளிவாகிறது. இதையே பிளாட்டின — இரிடியப் பரப்பின் மேல் படிந்த பொட்டாசியம், ருபீடியம், சீசியம் ஏடுகளைக் கொண்டு ஐவ்ஸ், பிரிக்ஸ் (Ives and Briggs) செய்த பரி சோதனைகள் உறுதிப்படுத்துகின்றன. இதுபோன்ற சோதனை களிலிருந்து கீழ்க்காணும் முடிவுகள் உறுதியாக்கப்பட்டன :

1. எல்லாவிதத் தளவிளைவு நிலையிலும், ஆதார உலோ கத்தின் எலெக்ட்ரான்கள் கிளர்ச்சியுறுவதால், இயல்பு ஒளிமின் விளைவு (normal photoelectric effect) உண்டாகிறது. பயன் தொடக்க நிலையில் உண்டாகும் ஒளிமின் விளைவு இந்த ஆதார உலோகங்களைப் பொறுத்துள்ளது. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் விடுபடுவதைப் பரப்பு ஏடுகள் இலகுவாக்குகின்றன.

2. படுதளத்திற்கு இணையாகத் தளவிளைவுற்ற ஒளி சாய் வாகப் பரப்பின்மேல் படும்போது தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவு (selective photoelectric effect) உண்டாகிறது. இஃது உறிஞ்சப் பட்ட (adsorbed) அணுக்களின் ஒளி அயனியாக்கம் காரணமாக நிகழ்கிறது. உறிஞ்சப்பட்ட அணுக்களுடன் அவற்றின் புற எலெக்ட்ரான்களைக் கட்டுண்டு வைக்கும் விசையை மாற்றுவிக்கும் நிலையைப் பொறுத்து, ஆதார உலோகம் தேர்ந்த விளைவின் பெருமஅளவைப் பாதிக்கிறது. உறிஞ்சப்பட்ட அணுக்களுக்கு அவற்றின் அயனியாக்கத்திற்குப் பிறகு எலெக்ட்ரான்களைக் கொடுத்து, பரப்பு அதன் தொடக்கநிலையை அடையவும், ஆதார உலோகம் உதவுகிறது.

இக் கருத்துகள் எல்லாவகைப் பரப்புகளிலும் நிகழும் தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவுகளுக்குப் பொருந்துகின்றன.

வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களின் மின்வாய்களில் எப்போதும் சிறிதளவு ஆக்சிஜன் உறிஞ்சப்பட்டிருக்கும். எதிர் மின்னேற்ற முள்ள ஆக்சிஜன் அயனிகளால் ஒரு மின் இரட்டை அடுக்கு உண் டாக்கப்பட்டு, ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் விடுபடுவதைத் தடை செய்யும்படி அமைகிறது. மின்வாய்களின் பரப்பை வேண்டிய அளவு சூடுபடுத்தினால் ஆக்சிஜன் வெளியேறுகிறது. இதனால் பரப்புகளின் வெப்ப அயனி வெளிவிடுதலும், ஒளி உணர்திறனும் அதிகரிக்கின்றன. ஆனால், பரப்பு குளிர்ச்சியடையும்போது, ஆக்சிஜன் மறுபடியும் உறிஞ்சப்படுகிறது. சில சமயங்களில் உறிஞ்சப்பட்ட ஆக்சிஜனால் சில நன்மைகளும் உண்டாகின்றன. சில கார உலோகங்களின் தனித்த பயன்தொடக்கநிலை,

ஆக்சிஜன் இருக்கும்போது, அதிக அலைநீளங்களுக்கு மாற்றப்படுகிறது.

பொட்டாசியம் ஹைட்ரைடு ஒளிக்குழாய்கள்

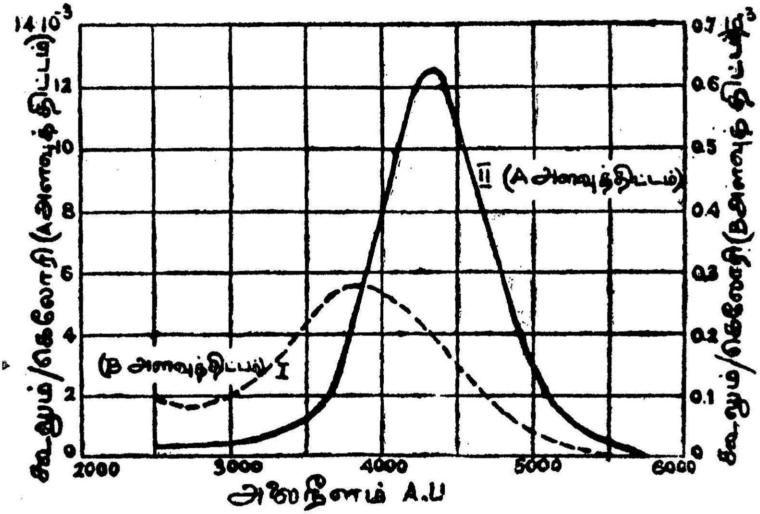
தொடக்க காலத்தில் பயன்படுத்தப்பட்ட ஒளிக்குழாய்களில் மாறுத மிகுதியான ஒளிமின் விளைவை உண்டாக்க, ஆக்சிஜன் பயன்படுத்தப்படவில்லை; ஹைட்ரஜன்தான் பயன்படுத்தப் பட்டது. ஆக்சிஜனைப் போலல்லாமல், ஹைட்ரஜன், பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றலைக் குறைக்கிறது. எல்ஸ்டர் — கெய்ட்டல் ஆகியோர் கையாண்ட, ஹைட்ரஜனில் வைக்கப்பட்ட பொட்டாசிய அமைப்பில், அக் குழாய்களின் ஒளி உணர்திறன் அதிகரிப்பு ஹைட்ரஜனுல் உண்டாகவில்லை. உண்மையில், அவர்களுடைய பொட்டாசிய ஒளிக்குழாய்களில், உறிஞ்சப்பட்ட ஹைட்ரஜன், அவற்றின் ஒளி உணர்திறனை ஒரேயடியாக அழிக்கச் செய்தது.

பிற்கால ஆராய்ச்சிகளில், அக் குழாய்களில் ஹைட்ரஜன் நேர்மின் அயனியாக உறிஞ்சப்படவில்லை யெனினும், அது பொட்டாசியத்துடன் சேர்ந்து ஒளி உணர்திறன் அற்ற, நிறமற்ற பொட்டாசியம் ஹைட்ரைடாக மாறுவதைக் கண்டனர். இப்படி உண்டாகிய பொட்டாசியம் ஹைட்ரைடு பரப்பின்மேல் உண்டாகும் உறிஞ்சப்பட்ட பொட்டாசியம் அடுக்கே இக் குழாய்களில் கிடைக்கும் தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவுக்குக் காரணமாகும்.

தூய்மையாக்கப்பட்ட, மூலக்கூருக உள்ள ஹைட்ரஜன், பொட்டாசியத்துடன் எந்த விளைவையும் உண்டாக்குவதில்லை; மேலும், பொட்டாசியத்தின் ஒளி உணர்திறனைப் பாதிப்பதில்லை. ஆனல், அணுவாக உள்ள ஹைட்ரஜன், பொட்டாசியத்தில் உணர்திறனை உண்டாக்குகிறது. இப்படிப்பட்ட ஹைட்ரஜனை, குறை அழுத்த ஹைட்ரஜனுள் வைக்கப்பட்ட டங்க்ஸ்டன் இழையைச் சூடுபடுத்துவதால் உண்டாக்கப்படும் அயனிகளாலும் அல்லது நீராவியில் உள்ள ஹைட்ரஜனுடன் பொட்டாசியம் பெறும் கிரியையாலும் பெறமுடியும். பொட்டாசியம் ஹைட்ரைடு பரப்பை, ஹைட்ரைடு படிகத்தின் மேல் மின்னிறக்கு முறையில் பொட்டாசியத்தைத் தூவுவதாலும் அல்லது நேரடியாக ஆவியாக்குவதாலும் உண்டாக்க முடியும்.

பொட்டாசியம் ஹைட்ரைடுப் பரப்பை ஆவியாக்கும் முறையை [illegible] ரிஜனூஃப் (Lukirsky and Rijanoff) ஆகிய இருவரும் [illegible]னர். இதில் வெளிவிடு ஒளிமின் விளைவும் காணப்

பட்டது. இதுபோன்ற வெளிவிடு ஒளிமின் பரப்புகளை டிபோயர், டீவ்ஸ் ஆகிய இருவரும் $[K] — KH — H$ என்ற குறியீட்டு மரபுப்படி குறிப்பிட்டனர். அடைப்புக்குள் உள்ளது ஆதார உலோகத்தையும், மற்றவை வேறு அடுக்குகளின் அமைப்பையும் குறிக்கின்றன.

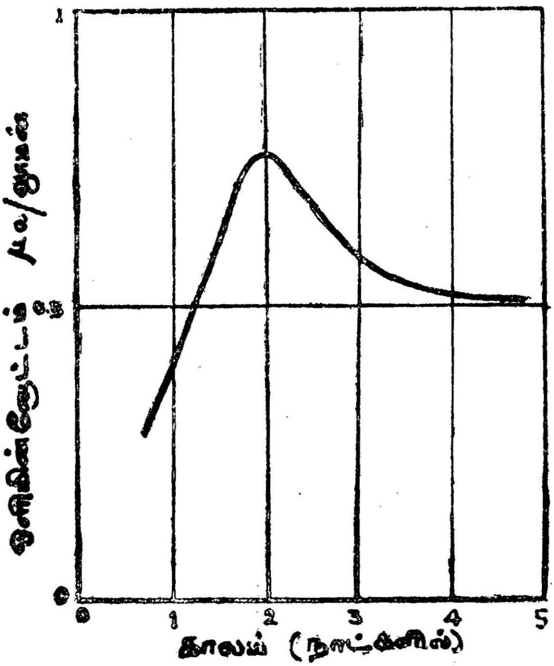


படம் 11. 2
பொட்டாசியப் பரப்பின் நிறமாலை—ஒளிமின் பலன் வளைகோடுகள்.
I — படிந்தவுடன்; II — ஹைட்ரஜனில் வைக்கப்பட்டபின்.

உணர்திறன் ஊட்டப்பட்ட பொட்டாசியம் ஹைட்ரைடுப் பரப்புக்கான நிறமாலை — ஒளிமின் பலன் வளைகோடுகளைப் படம் 11.2 காட்டுகிறது. இந்தப் பரப்பின் தேர்ந்த ஒளிமின் பெரும அளவு *4350 A.U.* அலை நீளத்திற்கு அருகில் உண்டாகிறது. மிகுந்த அலைநீளப் பயன்தொடக்கநிலை *5900 A.U.*-ல் உள்ளது. இந்தப் பரப்பின் வெளிவிடு ஒளிமின் தன்மை, இடையிடையே உப்பு அடுக்குகளைக்கொண்ட பரப்புகளின் தன்மையை ஒத்திருக்கிறது.

வெள்ளி ஆதார உலோகத்தின்மேல் ஆவியாதல் முறையில் படிந்த கால்சியம் ஃபுளோரைடின் மெல்லிய அடுக்கு, ஒருசீரான சீசிய வாயுவில் வைக்கப்படும்போது உண்டாகும் பரப்பு, ஒளி எதிர்மின்வாயாக அமைகிறது. பரப்பின் மேல் சீசியம் படிவது அதிகரிக்க அதிகரிக்க, முதலில் ஒளிமின் வெளியீடு அதே வீதத்தில் அதிகரித்து, அதைவிடக் குறைவான வீதத்தில் ஒரு பெரும

அளவை அடைந்து, முடிவில் தனிப்பட்ட சீசியம் அடுக்குக்கு ஒத்த ஒரு மாருத அளவை அடைகிறது. இது படம் 11. 3 - ல்



படம் 11. 3
வெள்ளியின் மேலுள்ள கால்சியம் ஃபுளோரைடுப் பரப்பின்மேல் படிந்த சீசியத்தின் ஒளிமின் வெளிவிடுதல் — — படியும் கால அளவுத் தொடர்பு.

காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளி மின்னோட்டம் பெரும அளவாயிருக்கும் நிலையிலிருந்து பரப்பு, ஆழ்ந்த நீல நிறத்தைப் பெறுகிறது.

இந்த விளைவை டி போயர், டீவ்ஸ் (De Boer and Teeves) ஆகிய இருவரும் கீழ்க்காணும் முறையில் விளக்கினர்: தொடக்கத்தில் ஒளிமின்னோட்டத்திற்கு உண்டாகும் அதிகரிப்பு, கால்சியம் ஃபுளோரைடுத் தளத்தின் நயமற்ற விளிம்பு முனை போன்ற உணர்திறனுள்ள புள்ளிகளில் படும் சீசியம் அணுக்கள் அவற்றுடன் கட்டுண்டு இருக்கும் நிலையைக் குறிக்கின்றது. உறிஞ்சப்பட்ட சீசியம் அணுக்கள் கட்டுண்டிருப்பதால் அவை அயனியாக்கம் பெறத் தேவைப்படும் ஆற்றல் குறைந்து, புறச் சிவப்பிலேயே அயனியாக்கம் நிகழ்கிறது.

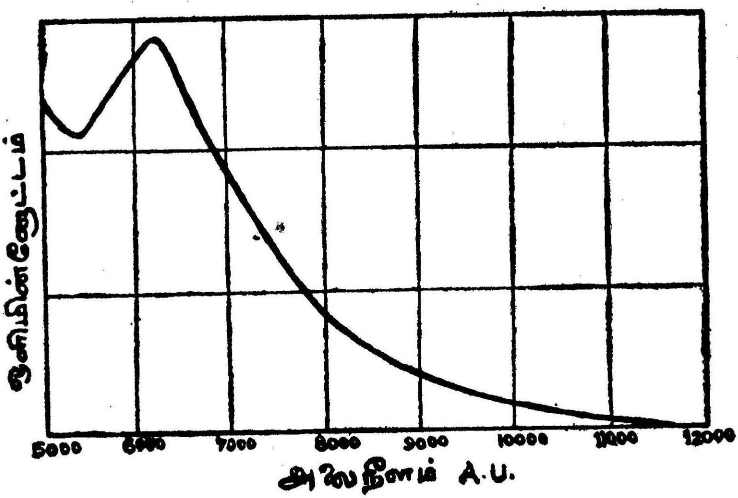
நேரம் அதிகரிக்க அதிகரிக்க, நயமற்ற எல்லா இடங்களிலும் அணுக்கள் நிரம்பி விடுவதால், அணுக்களை அயனியாக்கம் செய்யத் தேவைப்படும் ஆற்றல் அதிகரிக்கிறது; இது கட்புல ஞெும் ஒளியின் ஆற்றல் அளவை அடைகிறது. ஆகவே பரப்பும் நீல வண்ணம் அடைகிறது. முடிவில் கால்சியம் ஃபுளோரைடு பரப்பு முழுவதிலும் அணுக்களின் கோவையான அடுக்கு அமைகிறது. இந் நிலையில் உண்டாகும் ஒளிமின்னோட்டம் மிகக் குறைவாக உள்ளது. பரப்பு, அணுக்களின் கோவையால் மூடப்பட்டுள்ளபோது, உணர்திறனுள்ள நயமற்ற பகுதி மிகக் குறைவானதால், ஒவ்வொரு குவான்டத்திற்கும் ஒன்று வீதம் அயனிகள் வெளிப்பட்டாலும், அவற்றில் ஒரு பகுதி, மின்னமுத்தத் தடையால் நிறுத்தப்படுகின்றன. ஆகவே, ஒளிமின்னோட்டம் குறைகிறது.

ஆக்சைடு அடுக்குகள்

கி.பி. 1913ஆம் ஆண்டு, போல், பிரின்ஸ்ஹைம் (Pohl and Pringsheim) ஆகிய இருவரும் ஹைட்ரஜனுக்குப் பதிலாக ஆக்சிஜனைப் பயன்படுத்திக் கார உலோகப் பரப்புகளை உணர் திறனுள்ளவையாக்க முடியும் எனக் கண்டனர். வெற்றிட மாக்கப் பட்ட பொட்டாசியம் ஒளிக்குழாயில் ஈரமற்ற ஆக்சிஜனைச் செலுத்தினால், நிறமுள்ள ஓர் அடுக்கு ஏற்பட்டு, அதற்கு 4050 A. U. அலைநீளத்தில் தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவின் பெரும அளவு உண்டாகிறது. அப்படிப்பட்ட பரப்பை $[K] — K_2O — K$ என்று குறிக்கலாம். இதில் பொட்டாசியம் ஆக்சைடு, பரப்பால் உறிஞ்சப்படும் பொட்டாசிய உலோகக்கூழ் நிறத்தைப் பெறு கிறது.

இதே மாதிரிச் சீசியத்திற்கு உண்டாவதில்லை. சீசியம் ஆக்சைடு ஏற்பட்டவுடன் மீதமுள்ள சீசியத்தை அது கரைத்து விடுவதால், சீசியம் ஆக்சைடாக மாறும்வரை பரப்பின் வெளி விடு தன்மை உடனே பாதிக்கப்படுவதில்லை. ஆகவே, வெள்ளி போன்ற ஓர் ஆதார உலோகத்தின்மேல் தொடக்கத்தில் சீசியம் படியவிடப்பட்டு முழு ஆக்சிஜன் ஏற்றத்திற்குப் பிறகு, பரப்பின் மேல் சிறிது சீசியம் ஆவியை உறையவிட்டால், அது 11500 A.U. அலைநீளத்தில் பயன்தொடக்க நிலை பெற்ற, ஓர் ஒளி எதிர்மின் வாயாகக் கிடைக்கிறது. இதற்கு 6070 A. U.-ல் தேர்ந்த ஒளிமின் பெருமம் கிடைக்கிறது. இதன் நிறமாலை ஒளிமின் பலன் வளைகோடு படம் 11. 4-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தப் பரப்பை $[Ag] — CS_2O — Cs$ என்று டி போயரும், டீவ்ஸூம் குறியிட்டு வழங்கினர்.

சீசியம் - ஆக்சைடு அடுக்குக் கொண்ட ஒளி எதிர்மின்வாய் புறச்சிவப்பிலும் கட்புலனாகும் ஒளியிலும் மிக்க உணர்திற



படம் 11. 4

[Ag] — CS_2O — Cs பரப்பின் நிறமாலை — ஒளிமின்பலன் வளைகோடுகள்.

னுள்ளதாயிருக்க இரு நிபந்தனைகளை அது நிறைவேற்ற வேண்டும் :

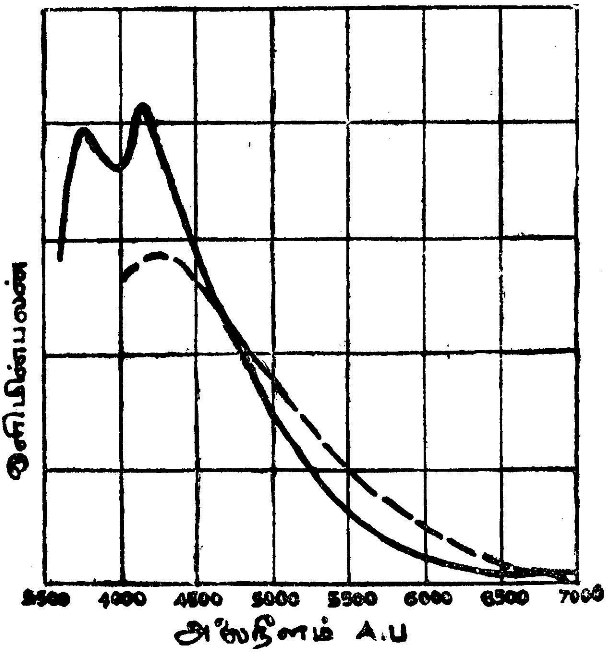
1. அதன் ஆக்சைடு தளத்தில் மிக அதிக எண்ணிக்கையுள்ள உணர்திறன் புள்ளிகள் இருந்தால், அவை சீசியம் அணுக்களை உறிஞ்சி, அந்த அணுக்கள் ஒளி படும்போது அயனியாக்கம் பெற்று, மிகுந்த ஒளிமின்னோட்டத்தை உண்டாக்கும்.

2. அந்தப் பரப்பின் இடையேயுள்ள அடுக்கு மின் கடத்தும் திறனுள்ளதாக இருந்தால், அயனியாக்கம் பெற்ற அணுக்களை நடுநிலையானவையாக ஆக்க ஆதார உலோகத்திலிருந்து அவற்றிற்கு எலெக்ட்ரான்கள் ஈர்க்கப்படும்.

முதல் நிபந்தனைக்கு, அடுக்கு முழுவதும் சீசியம் அணுக்களை உறிஞ்சக்கூடிய அமைப்பையும், சிறு தொளையுள்ள தடிப்பான ஆக்சைடு அடுக்குகளும் தேவை. இரண்டாவது நிபந்தனைக்கு, உலோகத்தின் அணுக்கள் சிதறும்படியான மிகமிக மெல்லிய ஆக்சைடு அடுக்குகள் தேவை. ஆகவே, முதலில் வெள்ளியை

ஆக்சிஜன் ஏற்றம் செய்து, அதன்மேல் சீசியத்தைப் பரப்பி 200°C-ல் ஒளி எதிர் மின்வாயை உறையவைக்கிறார்கள்.

இந்த முறையில் அமைக்கப்பட்ட பரப்பு இரு நிபந்தனைகளையும் ஓரளவு சரிசெய்கிறது. இந்தப் பரப்பை $[Ag] — CS_2O — Ag\ Cs$ எனக் குறிப்பிடலாம். இதே முறையில் எல்லாக் கார உலோகங்களின் அடுக்குகளும் அமைக்கப்படுகின்றன. மேலும் கார உலோக, ஒளி எதிர்மின்வாய் அடுக்குகளில் ஆக்சிஜனுக்குப்



படம் 11. 5
பிஸ்மத், சீசியம் எதிர்மின்வாய்களின் நிறமாலை—
ஒளிமின்பலன் வளைகோடுகள்.

பதிலாகக் கந்தகம், செலினியம், டெல்லூரியம் போன்றவையும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

கலப்பு உலோகங்கள்

மிக அதிக ஒளி உணர்திறன் உள்ள, குறை ஒளி புகும் (semi - transparent) ஒளி எதிர்மின்வாய்கள் காணும் முயற்சியில் ஒரு புதுவகையான உணர்திறன் பரப்பை, கோயர்லிச்

(Goerlich) கி.பி. 1943-ல் அமைத்தார். குறை ஒளிபுகும் ஒளி எதிர்மின்வாய்களில் ஒளி படுவதும், ஒளி மின்னேட்டம் உண்டாவதும், அதன் எதிர்ப்புறங்களில் நிகழ்கின்றன. கோயர்லிச்சின் வெள்ளி — சீசியம், ஆக்சைடு சீசியம் ஒளிக்குழாய்களின் எதிர் மின்வாய்களில் கண்ணுடியின்மேல் படிந்த ஆதார உலோகத்தில் படும் ஒளியின் மிகுதியான பகுதி உட்கவரப் படவும் எதிரொளிக்கப்படவும் செய்தன. ஆதலால் சிவப்பு, புறச்சிவப்பு ஒளியில் அவற்றின் உணர்திறன் மிகக்குறைவாக இருந்தது.

குறைகடத்தும் திறனுள்ள ஆக்சைடுக்குப் பதிலாக, மின்கடத்தும் திறனுள்ள கலப்பு உலோக ஏட்டைப் பயன்படுத்தினல், ஆதார உலோகத் தட்டு தேவையற்றது. கட்புலனுகும் ஒளியில் மிக்க உணர்திறன் தேவைப்படுவதால், கலப்பின் ஒரு கூருகச் சீசியம் பயன்படுத்தப்பட்டது. சிவப்பு ஒளிக்கு உணர்திறன் மிகுதியாக உண்டாக்க, பிஸ்மத்தை ஒரு கூருகவும், ஆன்ட்டிமணி, தோரியம், ஈயம் போன்றவற்றை இன்னெரு கூருகவும் உள்ள கலப்பு உலோகம் பயன்படுத்தப்பட்டது.

படம் 11.5 பிஸ்மத், சீசியம் எதிர்மின்வாய்களின் உணர் திறனைக் காட்டுகிறது. இவை, முதலில் பிஸ்மத் அடுக்கை ஆவியாக்கி அதைச் சீசியத்தினுள் வைப்பதால் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இவற்றில் உணர்திறனுள்ள பரப்புக் கலப்பு உலோகமன்று; இந்த உலோகங்களிடையே உண்டாகும் ஒரு கூட்டுப் பொருளே என இப்போது காணப்பட்டுள்ளது. ஆகவே, 'கலப்பு உலோக ஒளி எதிர்மின்வாய்' என்னும் பெயரே தவருனதாகும்.

12. தயாரிப்பில் பயன்படும் பொருள்களும் கருவிகளும்

ஒளிக்குழாய்களைத் தயாரிக்கும்போது அவற்றை அமைக்கப் பயன்படும் பொருள்களைப்பற்றியும், அவற்றினுள் உள்ள வாயு அழுத்தத்தைக் குறைக்கப் பயன்படும் கருவிகளைப்பற்றியும். ஒளிக்குழாய்கள் எப்படிப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன என்பது பற்றியும் தெரிந்துகொள்ள வேண்டியது மிக இன்றியமையாதது. அவற்றின் செய்முறைகளைப்பற்றி இப்போது பார்க்கலாம்.

ஒளிக்குழாய்களுக்கான கண்ணாடி

கட்புலனாகும் ஒளியிலும், அருகு புறச் சிவப்பு, அருகு புறஊதா ஒளியிலும் இயங்கக்கூடிய ஒளிக்குழாய்களின் குமிழ்களுக்கும், அவற்றின் உரு அழுத்தப்பொறி (press) அல்லது அவற்றிற்குள் கம்பிகளைப் பொருத்தும் இடைவெளித் தண்டுகளுக்கும் சாதாரண வகைக் கண்ணாடிகளே போதுமானவை. சிறிய ஒளிக்குழாய்களுக்குச் சுடரொளியில் எளிதில் உருக்கி இளக்கக்கூடிய மென் கண்ணாடிகள் (soft glass) தேவைப்படுகின்றன.

பெரும்பாலும் ஒளிக்குழாய்களின் குமிழ்கள் சூடான கார உலோக ஆவிகளில் வேதியியல் கிரியை அடையாத சுண்ணாம்புக் கண்ணாடியால் (lime glass) செய்யப்படுகின்றன. ஈயக் கண்ணாடிகள் (lead glass) கார உலோகங்களால் வேதியியல் கிரியை அடைந்து ஈயம் பிரிக்கப்பட்டுக் கறுத்த காப்பி நிறத்தை அடைகின்றன ; ஆகவே, தம் மேல் படும் ஒளியை அவை உட்கவர்ந்துவிடும். எனவே, அவை ஒளிக்குழாய்களின் குமிழ்கள் செய்வதற்குப் பயன்படமாட்டா.

அவை சுண்ணாம்புக் கண்ணாடியைப்போல் எளிதில் நொறுங்தக் கூடியனவல்லவாதலால், ஒளிக் குழாய்களின் உரு அழுத்தப்

பொறிகளுக்கு அவை மிகப் பொருத்தமானவையாகின்றன. ஏனெனில், அதன் ஒளிபுகாத் தன்மை இங்கு எந்தத் தொல்லையையும் கொடுப்பதில்லை. ஆனால், உரு அழுத்தப் பொறியில் ஈயக் கண்ணாடி பயன்படுத்தப்படும்போது, அது சிலவகை ஒளிக் குழாய்களில் உள்ள மிகையான கார உலோகங்களை அப்புறப் படுத்துகிறது.

உருவம் பெரிதான ஒளிக்குழாய்களில் அவற்றின் சுவர்கள் தடிப்பானவையாதலால் அவற்றிற்கு ஏற்படும் இயந்திரத் திரிபும் (mechanical strain), வெப்பத்தால் ஏற்படும் பரிமாண விரிவுகளும் அதிகமானவையாகும். ஆகவே, இந்தக் குறைகள் அவ்வளவாக இல்லாத கடினக் கண்ணாடிகள் (hard glass) பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வெப்பத்தால் ஏற்படும் விரிவு மிகக் குறைவாகக் கொண்டுள்ள பைரெக்ஸ் (pyrex) கண்ணாடிகள் நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

பைரெக்ஸ் கண்ணாடியை நொறுங்காமல் விரைவாக அடுத்தடுத்துச் சூடேற்றவும் குளிரச்செய்யவும் முடியும். பைரெக்ஸ் கண்ணாடியைச் சாதாரணக் கெட்டிக்கண்ணாடியுடன் பற்றுசு வைத்துப் பொருத்தவேண்டுமானால் (seal) அவற்றிற்கிடையில் மஞ்சள் பைரெக்ஸ், யுரேனியம் கண்ணாடி, கோபால்ட் கண்ணாடி ஆகியவற்றின் படித்தர வரிசை (gradation) அமைக்கப்படவேண்டும். இப்படிப்பட்ட ஒரு படித்தர வரிசை இருந்தால்தான் அவற்றிற்கிடையே உண்டாகும் திரிபு குறைக்கப்படும்.

இப்போது பயன்படுத்தப்படும் வெளிவிடு ஒளிமின் பரப்புகள், புறச்சிவப்பு ஒளிக்கு உணர்திறன் உள்ளவை. இந்தப் புறச்சிவப்பு ஒளி சாதாரண மென் கண்ணாடி கடினக் கண்ணாடிகளில் புகக்கூடியது. ஆகவே, நிறமாலையின் இந்தப் பகுதிக்குப் பயன்படும் ஒளிக்குழாய்கள் இப்படிப்பட்ட கண்ணாடிகளால் செய்யப்படுகின்றன. ஆனால், புறஊதா ஒளியின் அலைநீளம் 3200 A.U. அளவினை அடையும்போது, அந்த ஒளி இக்கண்ணாடிகளுள் புகமுடிவதில்லை. இந்த அளவை விடக் குறைவான அலைநீளம் கொண்ட ஒளிக்குக் குவார்ட்ஸ் கண்ணாடியாலோ அல்லது கோரெக்ஸ் (corex), கார்னிங் (corning) போன்ற புற ஊதா புகும் கண்ணாடிகளாலோ ஆன குமிழ்கள் பயன்படுகின்றன.

கண்ணாடி — உலோகப் பரப்புகளைப் பொருத்துதல்

கண்ணாடிக் குமிழின் சுவரினுள்ளோ அல்லது உரு அழுத்தப் பொறியினுள்ளோ கம்பிகள் பற்றுசு வைத்துப் பொருத்தப்பட

வேண்டுமானால் (seal), கண்ணாடிக்கும் உலோகத்திற்கும் ஒரே அளவு பயனுறு வெப்பப் பெருக்க எண் (effective coefficient of thermal expansion) இருக்கவேண்டும். அப்போதுதான் இரு பொருள்களுக்கு மிடையே மிக நெருக்கமான தொடர்பு உண்டாகி அவற்றிற்கிடையே காற்றுப் புகாதபடியான பற்றவைப்பு உண்டாகும்.

ஈயக் கண்ணாடிகளுக்கும், சுண்ணாம்புக் கண்ணாடிகளுக்கும் பொருத்தமான உலோகம் பிளாட்டினம்தான். ஆனால், மிக்க விலைமதிப்புள்ளதா யிருப்பதால் அது பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. அதற்குப் பதிலாக, தாமிரப் பூச்சுக்கொண்ட நிக்கல்—இரும்புக் கலப்பு உலோகமே இக் கண்ணாடிகளுக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இக் கலப்பு உலோகத்திற்கு டூமெட் (Dumet) என்பது பெயர். இது சாதாரண மென்கண்ணாடிகளுக்கு மட்டுமே பயன்படுத்தப்படுகிறது.

கடினக் கண்ணாடிகளுக்குப் பிளாட்டினமோ அல்லது டூமெட்டோ பயன்படுத்தப்படுவதில்லை. டங்க்ஸ்டன்தான் கெட்டிக் கண்ணாடியுடன் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதுவும் விலை மிகுதியானதால், கண்ணாடியினுள் இருக்கும் அளவு மட்டுமே டங்க்ஸ்டனால் செய்யப்பட்டதாக இருக்கும்; மீதிப்பகுதி டங்க்ஸ்டனுடன் பற்றவைக்கப்பட்ட நிக்கல் அல்லது தாமிரமாக இருக்கும். இப்படிப்பட்ட கூட்டுக் கம்பிகளுக்குப் பிரஸ்வெல்டு (Pressweld) என்பது பெயர்.

நிக்கல் கண்ணாடி ஆகியவற்றில் வெற்றிட நெருக்கமான பற்றவைப்பை உண்டாக்க முடியாது. ஆகவே, பிரஸ்வெல்டின் நிக்கல் பகுதியைக் கண்ணாடிக்குள் பதியவைத்து, பற்றவைப்பு முனையின் திரிபைக் குறைத்து அதன் விரைப்பு அதிகரிக்கப்படுகிறது. சில சமயங்களில் நிக்கலுக்குப் பதிலாக மோலிப்டீனம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இது கெட்டிக் கண்ணாடியுடன் நன்றாகப் பற்றவைப்புப் பெற்று உறுதியாக அமைகிறது.

கண்ணாடிகளுடன் கம்பிகளைப் பற்றவைப்பதுபோல், கடினக் கண்ணாடியையோ அல்லது மென் கண்ணாடிக் குழாய்களையோ அல்லது அவை இரண்டையுமோ ஒரு தாமிரக் குழாயுடன் பற்றவைப்பதும் முக்கியமானது. பற்றவைக்க வேண்டிய முனையில் தாமிரக் குழாய் நுனிநோக்கிச் சிறுத்துச்சென்று (taper) நுனியில் தாள் அளவு தடிப்புள்ளதாக இருக்கும். இந்த நுனியில் கண்ணாடியை எளிதில் பற்றவைக்கலாம். தாமிரக் குழாயின் இரு நுனிகளிலும் ஒரு கடினக் கண்ணாடி, ஒரு மென் கண்ணாடிக் குழாய்

களைப் பற்றவைத்தால் இம் முறையில் வெவ்வேறான இரு குழாய்களைப் பற்றவைக்க முடிகிறது.

இக் காலத்தில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட கோபால்ட் — நிக்கல் — இரும்பு ஆகியவற்றின் கலப்பான ஃபெர்னிக்கோ (Fernico), கோவார் (Kovar) ஆகியவற்றுடன் அதேயளவு வெப்பப் பெருக்க எண் கொண்ட சிறப்புவகைக் கண்ணாடிகளைப் பற்றவைப்பது எளிதாக உள்ளது. இவற்றை உருக்கி இணைப்பு (welding) முறையிலோ அல்லது பற்றாசு (soldering) முறையிலோ இணைக்கலாம். ஒரு கண்ணாடிப் பகுதி மற்றொரு கண்ணாடிப் பகுதியுடன் பற்றவைக்கப்பட வேண்டுமானால் அது படித்தர வரிசைப்படிதான் செய்ய முடியும். ஃபெர்னிக்கோ, கோவார் பரப்புடன் எட்டு அங்குல விட்டமுள்ள கண்ணாடிக்குழாய்களை எளிதில் பற்றவைக்க முடியும். இந்த இணைப்பை நன்கு வாட்டி வதக்கி (anneal) பக்குவப்படுத்தவேண்டும்.

ஒளிமின் விளைவு பயன்படுத்தப்படும் பெரும்பாலான துறைகளில் பெரும்பாலும் ஃபெர்னிக்கோ, கோவார் பற்றவைப்புகளே கையாளப்படுகின்றன. ஆனால் ரேடியோ அதிர்வெண்ணுள்ள மின்னோட்டங் கொண்டுள்ள பயன்முறைகளில், கோவார் மின்தடை அதிகம் பெற்றுள்ளதால், மின்னோட்டம் கோவார் பரப்பின் மேல் நிகழும்போது மிகுதியான ஆற்றல் இழப்பு ஏற்படுகிறது. இதைத் தவிர்க்கக் கோவார் பரப்பின்மேல் 0·005 அங்குலம் தடிப்புள்ள தாமிரம், வெள்ளி, தங்கம் அல்லது குரோமியம் பூசப்படுகிறது. இந்தப் பூச்சு அமைக்கும் முறை வருமாறு :

முதலில் கோவார், ஃபெர்னிக்கோ அமைக்கப்பட்டு அவை மெருகிடப்படுகின்றன. பிறகு அவை ஹைட்ரஜனில் எரிக்கப்படுகின்றன. அப்போது அவற்றின்மேல், தாமிரம் அல்லது வெள்ளி போன்ற தேவையான மின்கடத்தும் பொருளின் மின்முலாம் பூச்சுத் தேவைப்படும் தடிப்பிற்குக் கொடுக்கப்படுகிறது. இந்தத் தடிப்பு, ரேடியோ அதிர்வெண்ணுள்ள மின்னோட்டம் ஊடுருவும் தடிப்பைவிட மிகுதியாக இருக்கவேண்டும். இந்தப் பூச்சின் மேல், எந்தப் பகுதி கண்ணாடியுடன் பற்றவைக்கப்பட வேண்டுமோ அந்தப் பகுதியைச் சுற்றி அரை அங்குலத்திற்கும் மிகுதியான நீளத்திற்கு 0·00001 அங்குலத்திற்கும் குறைவான தடிப்புள்ள குரோமிய மின்முலாம் பூச்சுக் கொடுக்கப்படுகிறது.

பிறகு இந்தக் கோவார் துண்டு ஈரமான ஹைட்ரஜனில் எரிக்கப்படுகிறது. இப்போது முதலில் முலாம் பூசப்பட்ட

அடுக்கு ஒருபடித்தாக இறுக்கப்படுகிறது. இரண்டாவது முலாம் பூசப்பட்ட குரோமியம் ஆக்சிடைஸ் ஆகிறது. பிறகு இத் துண்டு ஆக்சிஜனில் எரிக்கப்பட்டுக் குரோமியம் ஆக்சைடு பற்றவைப்பு அமைக்கப்படுகிறது. பிறகு இத் துண்டு வாட்டி வதக்கப்படு கிறது.

குவார்ட்ஸ், உருக்கப்பட்ட சிலிக்கா ஆகியவற்றின் வெப்ப விரிவு எண் மிகச் சிறியது. அவற்றிற்கு ஈடுகட்டும் அளவு விரி வெண்கொண்ட உலோகமே இல்லை. ஆகவே, இப்படிப்பட்ட கண்ணாடிகளுக்கு உலோகப் பரப்பை மிகமிகச் சிறியதாக்கிக் குவார்ட்சுடன் உண்டாகும் ஈர்ப்பு விசை (adhesive force) உலோகப் பரப்புக் குளிர்ச்சியடையும்போது உண்டாகும் தகைவைவிட (stress) மிகுதியாக இருக்கும்படி அமைப்பதால்,

பொருள்	அடர்த்தி	வெப்ப விரி வெண் $\times 10^{-6}$	நயப் படுத் தும் நிலை °C	வாட்டி வதக்கப் படுத் தும் நிலை °C	உருகு நிலை °C
ஈயக் கண்ணாடி	3·04	8·7	630	431	
சுண்ணம்புக் கண்ணாடி	2·47	9·2	696	510	
ஃபெர்னிக்கோர் அல்லது கோவார் பற்ற வைப்புக் கண்ணாடி	2·24	4·7	697	484	
பைரெக்ஸ்	2·23	3·2	818	553	
கோரெக்ஸ்		3·8	804	558	
உருக்கிய சிலிக்கா	2·2	0·4			1700
டங்க்ஸ்டன்	19·3	4·5			3380
மோலிப்டினியம்	10·1	5·1			2470
பிளாட்டினம்	21·45	9·0			1773
நிக்கல்	8·8	13·9			1452

இந்தச் சிக்கல் தவிர்க்கப்படுகிறது. 20 மைக்ரான் தடிப்பைவிடக் குறைவான மோலிப்டினப் பட்டைகளைக் குவார்ட்சுடன் அதன் உருகுநிலையில் பற்றவைக்க முடியும்.

முன்பக்கத்தில் கொடுக்கப்பட்டுள்ள அட்டவணை ஒளிக் குழாய்களில் பயன்படுத்தப்படும் வெவ்வேறு உலோகம், கண்ணாடி ஆகியவற்றின் வெப்ப விரிவெண் மற்றும் அவற்றின் தேவையான மாறிலிகளைக் கொடுக்கிறது. நன்கு நெருக்கமுள்ள பற்ற வைப்புக்கு ஒரே அளவு விரிவெண் உள்ள கண்ணாடியையும் உலோகத்தையும் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும். உலோகக் கம்பியைக் கண்ணாடியுடன் பற்றவைக்கும்போது தேர்ந்தெடுத்த கண்ணாடிக்குச் சிறிது அதிகமான விரிவெண் இருக்கவேண்டும். மெதுவாகப் பற்றவைக்கும்போது வெளிப்புறம் உள்ள பொருளுக்கு மிகுந்த விரிவெண் இருக்கவேண்டும்.

உலோகங்களைப் பண்படுத்தல்

ஒளிக்குழாய்கள் மற்றும் வெற்றிட அமைப்புகள் ஆகியவற்றைத் தயாரிப்பதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் உலோகப் பரப்புகள் தொடக்கத்தில் மசகு, பசையுள்ள எண்ணெய்ப் பொருள், கனிப்பொருள் உப்பு, உறிஞ்சப்பட்ட வாயு அடுக்கு போன்ற மாசுகள் பெற்றனவாயிருக்கின்றன. இவற்றை, பென்சால், சாராயம், கார்பன் டெட்ரா குளோரைடு போன்ற கரைப்பான்களாலும் பல இயந்திர முறைகளாலும் தூய்மைப்படுத்தினாலுங் கூடச் சில அயனி அணுக்கள் உலோகத்துடன் ஒட்டிக்கொண்டிருக்கின்றன. மேலும், அயனி அணுக்கள் உலோகத்தின் விளிம்பு, இடுக்குகள், நுண்தொளைகள் இவற்றை அடைத்துக்கொண்டோ அல்லது உலோகத்தின் பருமன் முழுவதிலும் கூட்டுப்பொருளாகவோ அமைகின்றன. இந்த மாசுகள் அகற்றப்படாவிட்டால் அவை இடையூறுகளை விளைவிக்கும். ஆகவே, உலோகங்களைத் தூய்மைப்படுத்துவதற்கு முன்னர் அவற்றின் உள்ளடங்கிய வாயுக்களை வெளியேற்றுவது—அதாவது உலோகங்களைப் பண்படுத்துவது — மிகவும் இன்றியமையாததாகிறது.

உள்ளடங்கிய வாயுக்களை வெளியேற்றுவதற்கு இரு முறைகள் உள்ளன. ஒன்று, உலோகங்களை ஹைட்ரஜனில் எரித்தல் ஆகும். மற்றது, வெற்றிடத்தில் உலோகங்களைச் சூடுபடுத்தல் ஆகும். ஹைட்ரஜனில் எரிக்கும் முறையில் (hydrogen firing) சூடேற்றும் மின்சுருள் சுற்றப்பட்ட குவார்ட்ஸ் குழாயின் நடுவில் உலோகப் பொருள்கள் வைக்கப்படுகின்றன. அக்குழாயினுள் ஹைட்ரஜன் வேகமாக அனுப்பப்பட்டுக்கொண்டே இருக்கிறது. குவார்ட்ஸ் குழாயின் ஒரு ஜெட்குழாய் வழியாக ஹைட்ரஜன் வெளியேறுகிறது. அந்த ஜெட் குழாய் நுனியில் ஹைட்ரஜன் தீங்கு இல்லாமல் எரியவிடப்படுகிறது. குவார்ட்ஸ் குழாயின் நடுப்பகுதி 10 முதல் 30 நிமிடங்கள் வரை நல்ல மஞ்சள்

நிறப் பொலிவு பெறும்படி சூடேற்றப்படுகிறது. மாசுகள் வெப்பத்தால் ஹைட்ரஜனுடன் சேர்ந்தோ அல்லது தனியாக ஜெட் குழாயின் வழியாகவோ வெளியேற்றப்படுகின்றன.

ஹைட்ரஜன் ஒரு வலிமை மிக்க ஆக்சிஜன் குறைப்பான். ஆதலால் உலோகத்திலுள்ள ஆக்சைடு, மாசுகளைத் தகர்த்துத் தூய்மையான உலோகத்தைக் கொடுக்கிறது. பிறகு தொடர்ந்து ஹைட்ரஜனை அனுப்பிக் குவார்ட்ஸ் குழாய் குளிர்விக்கப்படுகிறது. அதன் பிறகு உலோகப் பொருள்கள் உலையிலிருந்து எடுக்கப்பட்டு மூடிய ஜாடியினுள் தற்காலிகமாக வைக்கப்பட்டுப் பிறகு பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

டேண்டலம் போன்ற உலோகங்கள் ஹைட்ரஜனை மிகுதியாக உட்கவர்ந்து நொறுங்கும் தன்மையைப் பெற்றிருப்பதால், அவற்றை ஹைட்ரஜன் உலையில் தூய்மைப்படுத்த முடியாது. அவற்றை வெற்றிட உலையில்தான் பண்படுத்த முடியும். இம் முறையில், குவார்ட்ஸ் குழாய் காற்றுப் புகாதபடி மூடப்பட்டு அதனுள் அழுத்தம் 10^{-3} மி.மீ. பாதரச அளவுக்குக் குறைவாக ஆக்கப்படுகிறது. அப்படி அழுத்தம் குறைவாக்கப்பட்ட பிறகு உலையின் வெப்பநிலை அதிகரிக்கப்படுகிறது. இந்த வெப்பநிலை தூய்மைப்படுத்தப்படும் உலோகத்தின் பதங்கமாதல் நிலையைவிட மிகவும் குறைவானதாக இருக்கவேண்டும். நிக்கல், இரும்பு, மோலிப்டினம் போன்ற உலோகங்களுக்கு இந்த வெப்பநிலை 1000°C விடக் குறைவாக இருக்கவேண்டும். உலை குளிர்ச்சியடையும்போதும் வெற்றிடம் அப்படியே பாதுகாக்கப்படவேண்டும்.

இம் முறைகளில் தூய்மையாக்கப்பட்டுப் பண்படுத்தப்பட்ட உலோகங்களை உறையிடப்பட்ட கைகளாலும், அழுக்கற்ற இடுக்கிகளாலும்தான் கையாளவேண்டும்; விரல்களால் எடுக்கவே கூடாது.

வெற்றிடமாக்கும் பம்ப்புகள்

தேவையான உருவத்தில் அமைக்கப்பட்ட உலோகப்பகுதி வசதியான உருவம்கொண்ட குழாயினுள் பற்றுசு வைத்துப் பொருத்தப்படுகிறது. குழாயின் ஒரு பக்கத்திலோ உரு அழுத்தப் பொறியின் ஒரு பக்கத்திலோ ஒரு குழாயை இணைத்து அதன் மூலமாக வாயு வெளியேற்றப்படுகிறது. சில எலெக்ட்ரான் குழாய்களில் அழுத்தம் 10^{-6} மி.மீ. பாதரச அளவுக்குக் கீழ்க் குறைக்கப்பட வேண்டியுள்ளது. அப்படிப்பட்ட வெற்றிடத்தை அடையக் காற்று மூன்று நிலைகளில் வெளியேற்றப்படுகிறது.

முதலில், தொடக்க அழுத்தத்தின் 98 சதவீதத்தை முதல் பம்ப் குறைத்து விடுகிறது. மீதமுள்ள பகுதியைச் சுழலும் எண்ணெய்ப் பம்ப் வெளியேற்றுகிறது. இன்னும் எஞ்சியுள்ள பகுதியை மூலக்கூறு பம்ப் (molecular pump), விரவல் பம்ப் (diffusion pump) அல்லது சுருக்கப் பம்ப் (condensation pump) ஆகியவற்றில் ஒன்றைப் பயன்படுத்தி வெளியேற்றலாம். இந்தப் பம்ப்புகளைப்பற்றி இங்கு விவரிக்கவேண்டியதில்லை.

வாயுவை வெளியேற்றிச் சிறந்த வெற்றிடத்தை உருவாக்கும் உத்தியைப் பற்றியும் அறிந்துகொள்வது முக்கியமானது. ஒளிக் குழாய்களில் வெற்றிடம் உண்டாக்கக் கீழ்க்காணும் உத்தி கையாளப்படுகிறது. வெற்றிடமாக்கப்பட வேண்டிய எல்லாக் குழாய்களும், குமிழ்களின் உட்புறத்துடன் தொடர்பு கொண்டுள்ள ஒரு குறுகிய நீண்ட குழாயைப் பெற்றிருக்கின்றன. இக் குழாயின் மறுமுனை இதே மாதிரியான இன்னொரு குழாயுடன் வாயு - காற்று அல்லது வாயு - ஆக்சிஜன் டார்ச்சால் பற்றவைக்கப்பட்டுள்ளது.

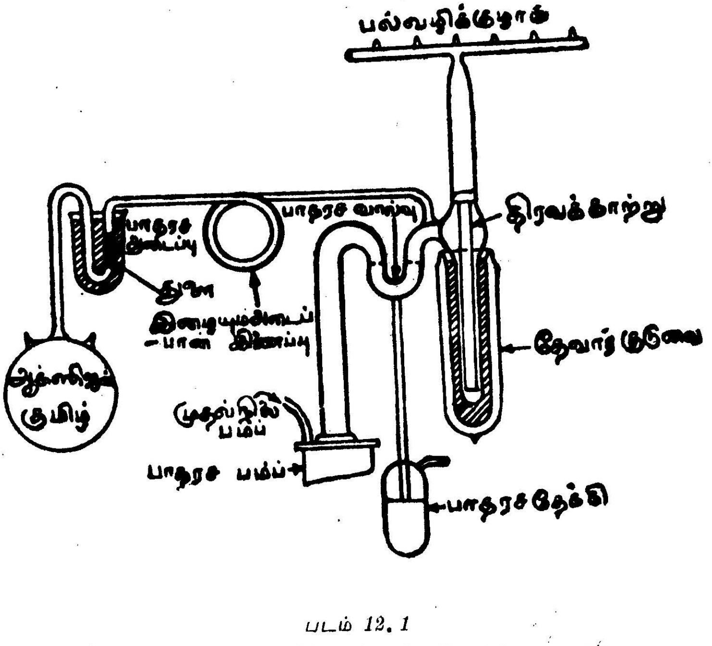
இக் குழாய் கண்ணாடிப் பல்வாயிற் குழாயாக (manifold) விரவல் பம்ப் வரை நீண்டுள்ளது. இஃது, ஓர் உறைந்த திரவக் காற்றுக் கொண்ட வாயு அகற்றும் அமைப்புடைய ஒரு வளைவுக் குழாய் வழியாகச் செல்கிறது. இந்த வளைவுக் குழாய் முதல்நிலை வெற்றிடப் பம்ப்பிற்குச் செல்கிறது. இதனால் வாயுவின் பெரும் பகுதி வெளியேற்றப்படுகிறது.

இதில் எல்லாக் கண்ணாடி இணைப்புகளும் முழு நிறைவுற்றவையாக இருக்கவேண்டும். இதைச் சரிபார்க்க, அதிக மின்னழுத்தம் கொண்டுள்ள ஒரு தனிவகை மின்பொறிச் சுருளின் ஒரு நுனி ஐயப்படும் இணைப்புப் பகுதிகளின்மேல் நகர்த்தப்படுகிறது. கண்ணாடி இணைப்புகள் முழு நிறைவுற்றவையாக இருந்தால், பல ஆயிரம் வோல்ட் உள்ள மின்னழுத்தம் பல்வாயிற் குழாயினுள் ஒரு மங்கிய பொலிவை உண்டாக்குகிறது. மாறாகக் கண்ணாடி இணைப்புகளில் நுண்தொளைகளோ வெடிப்புகளோ இருக்குமானால், அத்தகைய கசிவான இடங்களில் மின்னிறக்கப் பொறி வலிவுறுகிறது. இதனால் அந்தப் புள்ளி ஒளியுடையதாகக் காட்டப்படுகிறது. அப்படி ஒரு கசிவு இருக்குமானால், காற்று உள்ளே அனுப்பப்பட்டு அந்த இடம் மறுபடியும் சீர்படுத்தப்படுகிறது. அதற்கு ஹீலியம் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

கசிவு எதுவும் இல்லாவிட்டால், இந்த அமைப்பு இரண்டாவது பம்ப்புடன் இணைக்கப்படுகிறது. விரவல் பம்ப்பின்

சூடேற்றிகள் வேலைசெய்யத் தொடங்குகின்றன. மேலுறைகளில் செல்லும் நீரோட்டமும் சீராகச் செலுத்தப்படுகிறது. ஏறத்தாழ 15 நிமிடங்களில் 10^{-5} மி.மீ. பாதரச அழுத்தம் பெறப்படுகிறது. வெற்றிடமாக்கும் வீதத்தைத் துரிதப்படுத்த, கண்ணாடிக் குழாய்கள் முழுவதும் (எண்ணெய் விரவல் பம்ப் அமைப்புகளில் வெற்றிட அளவி, திரவக்காற்று உறைந்துள்ள வளைவுக் குழாய் உட்பட) அவை குளிர்விக்கப்படுவதற்கு முன்பாகச் சூடுபடுத்தப் பட்டு, அமைப்புக்குள் இருக்கும் திரவமாகக் கூடிய ஆவிகள் யாவும் அப்புறப்படுத்தப்படுகின்றன.

பெரும்பாலும் திரவக் காற்றும், திரவ நைட்ரஜனும் குளிர் பதனூட்டிகளாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. திரவ நைட்ரஜன் வளைகுழாயில் மிகக் குறைவான வெப்பநிலையான —195°C உண் டாக்குவதாலும், அது கரிச் சேர்க்கைப் பொருள்களுடன் சேர்க் கப்படும்போது தீயால் உண்டாகும் இடையூறுகளை உண்டாக்



படம் 12. 1
ஒளிக்குழாய்கள் தயாரிப்பதற்குகந்த வெற்றிட அமைப்பு.

குவதில்லையாதலாலும் திரவ நைட்ரஜன் பெரிதும் பயன் படுத்தப்படுகிறது.

இந்தக் குளிர் பதனூட்டி தேவார் குடுவையிலுள்ள (Devar flask) வளைவுக் குழாயில் எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. ஒரு முறை நிரப்பப்படும் திரவம் ஒருநாள் முழுவதும் நீடித் திருக்கும். இதற்குப் பதிலாகக் கார்பன் - டை - ஆக்சைடு, பனிக் கட்டி, ஈதர் இவற்றின் கலவையைப் பயன்படுத்தலாம். அல்லது இவற்றிற்குப் பதிலாக வளைகுழாயின் உட்புறச் சுவர்களின் மேல் ஒரு கார உலோகப் பூச்சுக் கொடுத்தாலும் இதே விளைவு உண்டாகும்.

அமைப்பை இறுதியில் வாட்டிச் சூடாக்கும்போது, இந்தக் குளிர் பதனூட்டி, பம்ப்களின் திரவங்கள் விரவல் பெறுவதைத் தடுப்பதுடன், வளைகுழாயில் நீராவிபோன்ற ஆவிகளைக் குளிரச் செய்து திரவமாக்குகிறது. எளிதில் எடுத்துச் செல்லக்கூடிய ஓர் உருளை வடிவ உலையை, நுனிகளில் தொங்கும் குழாய்களைக் கொண்ட பல்வழிக் குழாயின் மேல் வைத்துச் சூடேற்றப்படுகிறது. அல்லது 12. 1 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது போல, நிலையான சட்டத் தில் பொருத்தப்பட்ட ஒரு நீள் சதுர உலையை, குழாய்களைத் தன் ஒரு பிரிவின்மேல் கம்புகளைப் போன்று நீட்டிக்கொண்டுள்ள ஒரு நீள்வடிவப் பல்வாயிற்குழாயின்மேல் பொருத்தலாம்.

மென் கண்ணாடி ஒளிக் குழாய்கள் 400°C வெப்பநிலைக்கு அதிகப்படாமலும், கடினக் கண்ணாடி ஒளிக்குழாய்கள் 500°C வெப்பநிலைக்கு அதிகப்படாமலும் 15 முதல் 30 நிமிடங்கள்வரை சூடுபடுத்தப்படுகின்றன. இந்தப் பதப்படுத்தலால் ஒளிக்குழா யின் கண்ணாடியால் உறிஞ்சப்பட்டுள்ள நீராவியும் மற்ற வாயுக் களும் வெளியேற்றப்படுகின்றன. இவை வெளியேற்றப்படா விட்டால் பண்படுத்தப்பட்ட ஒளிக்குழாயில் ஏற்படுத்தப்பட்ட வெற்றிடம் அழிந்துவிடும்.

ஒளிக்குழாய்களும், பல்வாயிற் குழாய்களும் சூடுபடுத்தப் படும்போது, உலைக்கும் வளைகுழாய்க்கும் இடையிலுள்ள மீத முள்ள கண்ணாடி அமைப்புப் பகுதியை மெல்லிய புன்சன் சுடரால் (Bunsen flame) சூடுபடுத்தலாம். இவ்வாறு சூடுபடுத்துவதால், உறிஞ்சப்பட்டுள்ள நீர், மற்றும் பாதரச ஆவிகள் விரைவாக வெளியேற்றப்படுகின்றன. இல்லாவிடில் இவை விரவல் முறை யில் உள்ளே சென்று விடும். இதற்கு "டார்ச்சிங்" (torching) என்பது பெயர்.

வாட்டிச் சூடேற்றுதல், டார்ச்சிங் ஆகிய செயல்களுக்குப் பிறகு உலை எடுக்கப்பட்டு ஒளிக்குழாய்கள் குளிர விடப்படு கின்றன. சில ஒளிக்குழாய்களில் உள்ள உலோக அமைப்புகள்

உயர் வெப்பநிலைகளைத் தாங்கக் கூடியவையாக இருக்கும். இவை வெற்றிட வெப்ப முறையில் பண்படுத்தப்படுகின்றன. ஓர் அதிக அதிர்வெண் அலைவியற்றியால் (high frequency oscillator) கிளர்ச்சியூட்டப்பட்ட தூண்டுமின்சுருளால் (induction coil) உலோகப் பகுதிகள் சூடேற்றப்படுகின்றன. இதனால் தூண்டப்படும் சுழிமின்னோட்டம் (eddy current) குறிப்பிட்ட உலோகப் பகுதிகளைத் தேவைப்படும் வெப்ப நிலைக்குச் சூடாக்குகிறது. பொதுவாக 900°C-க்கு ஒத்த செஞ்சூடு போதுமானது. அதிகமான உலோகப் பகுதிகளை இப்படிச் சூடேற்றும்போது, வெளியேற்றப்படும் வாயு மிகுதியாகஇருக்குமாதலால், வெளியேற்றும் பம்ப்பை அடிக்கடி செயல்படுத்தவேண்டும்.

இதற்குப் பிறகு, ஒளிக்குழாயினுள் உள்ள அழுத்தம், 10^{-6} மி.மீ. பாதரச அளவைவிடக் குறைவாக இருக்கும். இப்போது ஒளிக்குழாய்கள் உணர்திறன் ஊட்டப்பட ஆயத்தமாக உள்ளன. உணர்திறன் ஊட்டப்படுவதுபற்றி அடுத்த பகுதியில் விளக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளிக் குழாய்கள் உணர்திறன் ஊட்டப் பட்ட பிறகே பல்வாயிற் குழாயிலிருந்து பிரித்து எடுக்கப்படுகின்றன.

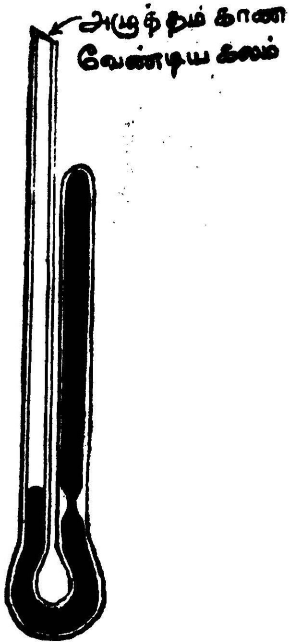
உலோக ஒளிக்குழாய்களுக்கான உத்திகள்

ஒளிக்குழாய்களின் எந்தப் பகுதிகளில் ஒளி செல்வதற்காகவோ அல்லது மின்காப்புக்காகவோ கண்ணாடி தேவையோ அந்தப் பகுதிகள் நீங்கலாக மற்ற எல்லாப் பகுதிகளிலும் உலோகங்களைப் பயன்படுத்தலாம். உலோகக் கவசங்களை, அவற்றை அமைப்பதற்கு முன்பே, ஹைட்ரஜன் எரிப்பு முறையிலோ அல்லது வெற்றிட அமைப்பு முறையிலோ நன்கு பண்படுத்தித் தூய்மைப்படுத்தப் பட்டிருந்தால், அவை கண்ணாடிக் கவசங்களைப் போன்றே நன்கு வெற்றிடத்தைப் பாதுகாக்கின்றன. மேலும், அவை அதிர்ச்சியை நன்கு தாங்குகின்றன. அவற்றை எளிதில் பிரித்து அமைக்க முடியும். வெற்றிடமாக்கிய பிறகு உலோகக் குமிழ்களின் வாயை எளிதில் பற்றவைத்து மூடவும் முடியும். உலோக ஒளிக் குழாய்களை வெற்றிடமாக்க உலோகத்தாலான விரவல் பம்ப், வளைகுழாய், இணைக்கும் குழாய்கள் போன்றவையே பயன்படுவதால், அந்த உத்தி மிக எளிதாகிறது.

குறைந்த அழுத்தங்களை அளவிடுதல்

ஒளிக்குழாய்களை வெற்றிடமாக்கும்போது, அதன் வெவ்வேறு நிலைகளில் அதனுள் உள்ள அழுத்தங்களை அளவிட

வேண்டும். அவற்றை அளவிடப் பயன்படும் பொதுவான கருவிகளைப்பற்றிப் பார்ப்போம்.

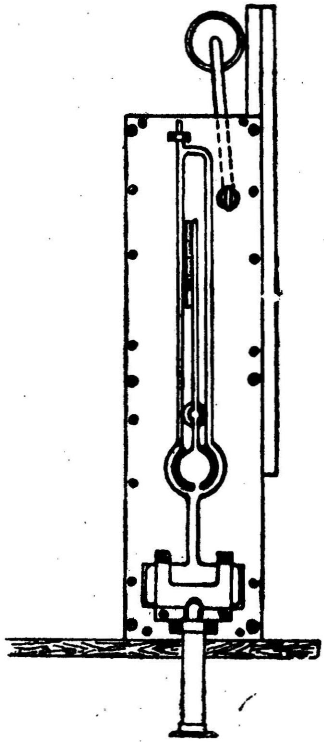


படம் 12. 2
பாதரச அழுத்தமானி.

சில மில்லிமீட்டர் பாதரச அழுத்தத்தைவிடச் சிறிது மிகுதியான அழுத்தங்களை அளவிடப் படம் 12. 2 - ல் காட்டியுள்ள பாதரச அழுத்தமானி (manometer) பயன்படுகிறது. இதில் ஒரு *U* வடிவக் கண்ணாடிக் குழாயின் ஒரு முனை மூடப்பட்டிருக்கும். மூடப்பட்டுள்ள முனை உள்ள பக்கம் முழுவதிலும், அடுத்த பகுதியில் பாதியைவிடக் குறைவான அளவிலும் பாதரசம் நிரப்பப்பட்டிருக்கும். முழுவதும் வெற்றிடமாக்கப்பட்ட குழாயுடன் திறந்த முனை இணைக்கப்படும் போது, மூடப்பட்ட முனையிலிருந்து பாதரசம் கீழே இறங்கி, இரு பக்கங்களிலும்பாதரசத்தின் மட்டம் ஒரே உயரத்தில் இருக்கும். சிறிது அழுத்தமுள்ள ஒளிக்குழாயுடன் திறந்த முனை இணைக்கப்படும் போது, இரு பக்கங்களிலுமுள்ள பாதரச மட்டங்களின் செங்குத்து உயர வேறுபாடு, அழுத்தத்தைக் குறிக்கிறது. இதில் பாதரசத்திற்குப் பதிலாக அடர்த்தி குறைந்த திரவங்களைப் பயன்படுத்தினால் இன்னும் குறைவான அழுத்தங்களையும் அளவிடமுடியும்.

சில மில்லிமீட்டர் பாதரச அழுத்தத்திலிருந்து 10^{-6} மி.மீ. பாதரச அழுத்தம் வரை உள்ள அழுத்தங்களை அளவிட மெக்லியாட் அளவி (Mc Leod gauge) பயன்படுகிறது. இது படம் 12. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அளவியின் அடிமட்டத்திலுள்ள பாதரசத் தேக்கியுடன் தொடர்புகொண்டுள்ள பாதரசத் தம்பத்தைக் கீழே சிறிது இறக்குவதால், அதனுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள, குறை அழுத்த அளவு காணப்பட வேண்டிய குழாயிலிருந்து ஒரு குறிப்பிட்ட பரும அளவுள்ள வாயு அங்கு அடைக்கப்படுகிறது. பிறகு பாதரசத்தேக்கியை உயர்த்தினால், அடைக்கப்பட்ட வாயு உள்ள குழாயில் பாதரச மட்டம் உயர்ந்து, வாயுவின் பரும அளவு சுருக்கப்படுகிறது.

பாயில் விதியைப் (Boyle's law) பயன்படுத்தி, வாயு அழுத்தப்பட்ட குழாயில் உள்ள பாதரசமட்டத்திற்கும், வாயு அழுத்தப் படாத குழாயில் உள்ள பாதரச மட்டத்திற்கும் உள்ள உயர வேறுபாட்டை, அழுத்தப்பட்ட வாயுவின் பரும அளவிற்கும், தொடக்கத்தில் உள்ளே அடைக்கப்பட்டபோது இருந்த அதே வாயுவின் பரும அளவிற்கும் உள்ள விகிதத்தால் பெருக்கினல் ஒளிக் குழாயினுள் உள்ள வாயுவின் அழுத்தம் கிடைக்கிறது.

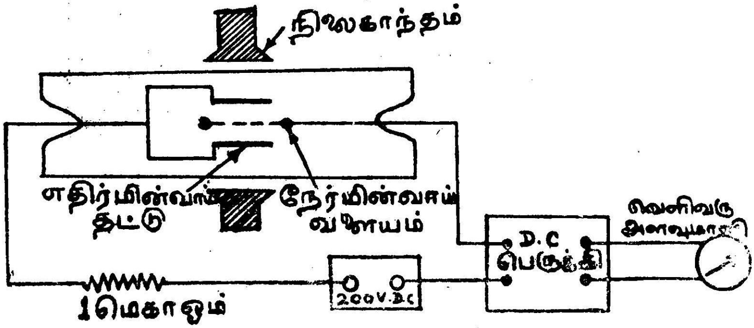


படம் 12. 3
மெக்லியாட் அளவி.

இந்த அளவியைக் கொண்டு தொடர்ந்து மாறுபடும் அழுத்தங்களையும் திரவமாகக்கூடிய ஆவியின் அழுத்தங்களையும் அளவிட முடியாது. ஆகவே, அப்படிப்பட்ட அழுத்தங்களைக் காண வெப்ப மின் இரட்டை அளவிகளும் (thermocouple gauge) அயனியாக்க அளவிகளும் (ionisation gauge) பயன்படுகின்றன. அவற்றிலும் சில குறைபாடுகள் உள்ளதால் ஃபிலிப்ஸ் அளவி, ஆல்ஃபாட்ரான் போன்ற அளவிகள் நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஃபிலிப்ஸ் அளவி (Philip's gauge) படம் 12. 4 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த அளவியில் இரு எதிர்மின்வாய்த் தட்டுகளுக்கிடையில் ஒரு வட்டமான நேர்மின்வாய் வைக்கப்பட்டுள்ளது. எதிர்மின்வாய்த் தட்டுகள் தோரியம் அல்லது சிர்க்கோனியத்தால் செய்யப்பட்டவை. ஒரு வலிமைமிக்க காந்தப்புலம் வட்டநேர் மின்வாயின் அச்சுடன் இணைப்பொருமை (aligned) பெற்றுள்ளது. எதிர், நேர்மின்வாய்களுக்கிடையே 2000 வோல்ட் மின்னழுத்தம் உண்டாக்கப்படுகிறது. எதிர்மின்வாய்களை நேர்மின் அயனிகள் தாக்கும்போது எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாகின்றன. அவை நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்லும்போது, காந்தப்புலம் அவற்றை ஒரு வட்டப்பாதையில் விலக்கமடையச் செய்து, நேர்மின்வாய் வளையத்தை அடையாதபடி செய்கிறது.

அந்த எலெக்ட்ரான்கள் மற்ற வாயு அணுக்களுடன் மோதுவதால் மேலும் மிகுதியான அயனிகள் உண்டாக்கப்



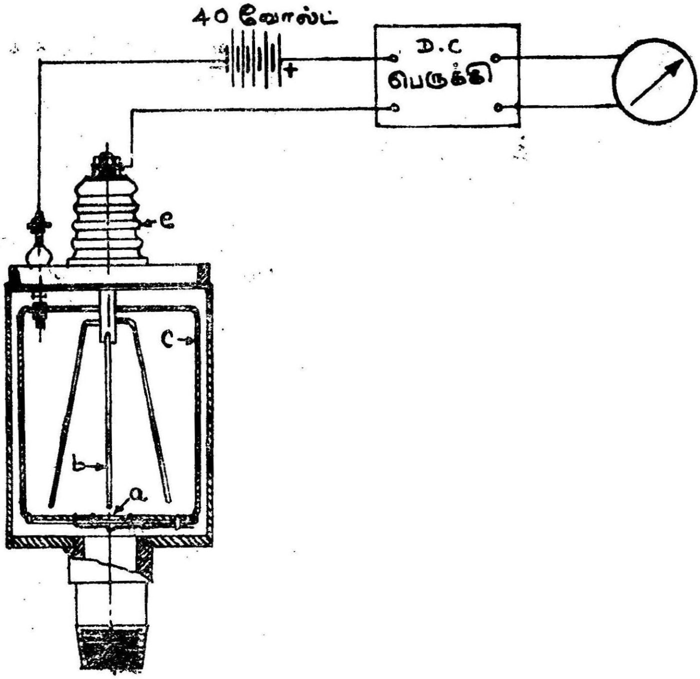
படம் 12. 4
ஃபிலிப்ஸ் அளவி

படுகின்றன. ஆகவே, மிகக்குறைந்த அழுத்தத்திலுங்கூடத்தானே நீடிக்கும் மின்னிறக்கம் (self-sustained discharge) தொடர்ந்து நடைபெறுகிறது. இதில் உண்டாகும் மின்னிறக்க மின்னோட்டம் (discharge current) குழாயின் வாயு அழுத்தத்தைப் பொறுத்தது. மேலும், அது ஒளிக் குழாயில் மீதமுள்ள வாயுவின் தன்மையையும் பொறுத்தது. ஆகவே, இந்த மின்னிறக்க மின்னோட்டத்தின் அளவைக் கொண்டு குழாயினுள் உள்ள வாயுவின் அழுத்தத்தைக் கணக்கிட முடியும். அயனிகளால் தாக்கப்படும்போது ஏராளமான எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடக்கூடியதும், பரப்புத் தெறிக்காமலிருக்கும்படியான பொருளால் செய்யப்பட்ட எதிர் மின்வாய்களைத்தான் தேர்ந்தெடுக்கவேண்டும். இந்த அளவியைக் கொண்டு 10^{-2} மி·மீ. முதல் 10^{-5} மி.மீ. பாதரச அழுத்தங்கள் வரை அளவிடமுடியும்.

ஆல்ஃபாட்ரானின் (Alphatron) அமைப்பு, படம் 12. 5 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கருவியில் a என்பது தங்கம் - ரேடியம் ஆகியவற்றின் கலப்பு உலோகமாகும். இஃது ஒரு சதுரச் செ.மீ. பரப்புக்கொண்டது. இதில் 0·2 மில்லிகிராம் ரேடியம் அடங்கியுள்ளது. கதிரியக்கம் பெற்ற இந்தக் கலப்பு உலோகத்திலிருந்து ஆல்ஃபாக் கதிர்கள் வெளிப்படுகின்றன.

இந்தக் கதிர்களைக் கொண்டு, அழுத்தம் காணவேண்டிய ஒளிக் குழாயில் உள்ள வாயுவை அயனிக்கச் செய்து, அவ்வாயுவின் அழுத்தம் காணப்படுகிறது. இந்தக் கலப்பு உலோகத்தின் மேல் நிக்கல் முலாம் பூசப்பட்டுள்ளது. இந்த முலாம் கதிரியக்கச்

சிதைவுப் பொருளைப் பாதுகாக்கிறது. மேலும், வெற்றிடக் குழாயில் தங்கத்திற்கும் பாதரசத்திற்கும் ஏற்படும் கிரியைகளை

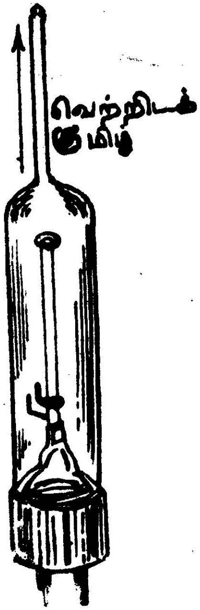


படம் 12. 5
ஆல்ஃபாட்ரான் அயனியாக்க அளவி.

யும் பாதுகாக்கிறது. b என்பது நான்கு கம்பிகளைக் கொண்டது. இது நேர்மின் அயனிகளைச் சேகரிக்கிறது. இது c என்ற கூட்டிற்குள் நுழையும் கம்பியால் தாங்கப்படுகிறது. e என்ற காப்பான் வழியாகக் கம்பி தொங்கவிடப்படுகிறது. அதனால் c - க்கு 30 - லிருந்து 40 வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படுகிறது. அதிக ஈட்டமுள்ள பெருக்கியுடன் b மின் இணைப்புப் பெற்றுள்ளது.

வெற்றிடக் குழாயிலுள்ள அணுக்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்து ஆல்ஃபாக் கதிர்களால் உண்டாக்கப்படும் அயனிகளின் எண்ணிக்கை அமையும். ஆகவே, மின்னோட்டத்தின் அளவைக்கொண்டு அழுத்தம் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. சேகரிப்பில் ஏற்படும் மின்னோட்டம் மிகச் சிறியது. 1 மி.மீ. பாதரச

அழுத்தத்திற்கு 3×10^{-10} ஆம்ப்பியர் அளவுதான் மின்னோட்டம் கிடைக்கிறது. எனினும், ஆல்ஃபாட்ரான் மிகவும் சரியான அழுத்தத்தைக் காட்டுகிறது.



படம் 12. 6
பிரானி அளவி.

இதற்காகப் பயன்படும் மற்றொரு கருவி பிரானி (Pirani gauge) அளவியாகும். இது படம் 12. 6 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. வெற்றிடக் கலத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு குழாயில் மாறுத மின்னோட்டத்தால் சூடாக்கப்படும் இழையே இதன் அமைப்பாகும். இந்த இழை வீட்ஸ்டன் சுற்றின் (Wheatston's bridge) ஒரு மின்தடைப் பகுதியாகும். வீட்ஸ்டன் சுற்றில் இன்னொரு ஒப்பீட்டு மின்தடை இதே மாதிரி அமைந்த மற்றொரு குழாயின் இழையாக வைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது.

இழையின் மின்தடை, வெற்றிடக் குழாயில் உள்ள மீதமுள்ள வாயு குளிர்ச்சியடையும் வீதத்தைப் பொறுத்தது. ஆகையால் வீட்ஸ்டன் சுற்றின் கால்வனுமீட்டரில் சரியீட்டுக்குத் தேவையான மின்னோட்டத்தின் அளவு இந்த இழையின் மின்தடையைப் பொறுத்து அமையும். ஆகவே, அந்தச் சரியீட்டு மின்னோட்டத்தின் அளவைக்கொண்டு குழாயின் வாயு அழுத்தம் கணக்கிடப்படுகிறது. பிரானி அளவியைக் கொண்டு 10^{-4} மி.மீ. முதல் 1 மி.மீ. பாதரச அழுத்தம் வரையுள்ள அழுத்தங்களை அளக்கலாம்.

ஒளிக் குழாய்களில் பயன்படும் வாயுக்கள்

கார உலோகங்கள் வேதியியல் செயல்திறம் பெற்றவை. ஆகவே, மந்த வாயுக்களைத்தான் ஒளிக் குழாய்களில் பயன்படுத்த முடியும். ஹீலியம், நியான், ஆர்கான், கிரிப்டான், செனன் (zenon) ஆகிய ஐந்து மந்த வாயுக்களே உள்ளன. இந்த ஐந்து வாயுக்களும் 19 ஆம் நூற்றாண்டின் இறுதியில்தான் தனித்தனியாகப் பிரித்துக் காணப்பட்டன. இவற்றுள் ஹீலியம் இப்போதைய ஒளிக் குழாய்களில் நிரப்பப்படுவதில்லை. நியான், வளிமண்டலக் காற்றில் 0·002 சதவீதமே உள்ளதால், அதைப் பயன்படுத்துவதற்கு மிகுந்த செலவாகிறது. ஆர்கான் வளிமண்டலத்

காற்றில் ஒரு சதவீதம் உள்ளது. ஆகவே, ஆர்கான்தான் ஒளிக்குழாய்களில் மிகுதியாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. செனன், தைராட்ரான் குழாய்களில் நிரப்பப்படுகிறது. இந்த வாயுக்களுடன் ஆக்சிஜன், ஹைட்ரஜன் வாயுக்களும் உணர்திறனூட்டச் செயல்முறைகளில் பயன்படுகின்றன.

வாயுவை நிரப்பும் முறைகள்

மேற்கூறிய வாயுக்களை வெற்றிட அமைப்புக்குள் தேவையான அளவுக்குச் செலுத்தவேண்டும். இதற்கு, நீளம் குறைவாக உள்ள, இரு அடைப்பான்களைக்கொண்ட குழாய்கள் உதவுகின்றன. இந்தக் குழாய்களைக் கொண்டு வாயு செலுத்தப்படும் போது, சேதம் மிகுதியாக ஏற்படுவதில்லை. இப்படிப்பட்ட ஒரு குழாய், வெற்றிட அமைப்புடனும் வாயு நிரம்பியுள்ள கலத்துடனும் இணைக்கப்படுகிறது. முதலில் கலத்திற்கு அருகிலுள்ள அடைப்பான் திறக்கப்பட்டு, பிறகு அடுத்த அடைப்பான் திறக்கப்படுகிறது. ஆகவே, கலத்திலுள்ள வாயு வெற்றிட அமைப்புக்குச் செல்கிறது. அங்கு ஏற்படும் அழுத்தம் தகுந்த கருவிகளால் காட்டப்படுகிறது. வேண்டிய அழுத்தம் கிடைத்தவுடன் அமைப்புக்கு அருகிலுள்ள அடைப்பான் முதலில் மூடப்பட்டு, பிறகு கலத்திற்கு அருகிலுள்ள அடைப்பான் மூடப்படுகிறது. இது தவிர, ஆக்சிஜன், ஹைட்ரஜன் வாயுக்களை வெற்றிட அமைப்புக்குள் செலுத்த வேறு தனிப்பட்ட முறைகள் உள்ளன.

ஒளிக்குழாய்களில் பயன்படும் கார உலோகங்கள்

ஒளிக்குழாய்களில் பயன்படுத்தக்கூடிய சீசியம், ருபீடியம் போன்ற கார உலோகங்கள் மிகச் சிறிய அளவிலேயே கிடைக்கின்றன. சோடியம், பொட்டாசியம் போன்ற கார உலோகங்கள் முதலில் அவற்றின் ஹைட்ராக்சைடுகளாகத்தான் அறியப்பட்டிருந்தன. 19ஆம் நூற்றுண்டின் தொடக்கத்தில் இவை, அவற்றின் கூட்டுப் பொருள்களிலிருந்து பிரித்து எடுக்கப்பட்டன. இப்போது இவை தனித்த உலோகங்களாகச் சாதாரணமாகக் கிடைப்பதால், இவை இரண்டும் பெருவாரியாக ஒளிக்குழாய்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. லிதியம் உலோகங்களிலேயே குறைந்த அணு எடை கொண்டது. இதுவும் தனித்த உலோகமாகக் கிடைப்பதால் இதுவும் ஒளிக்குழாய்களில் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

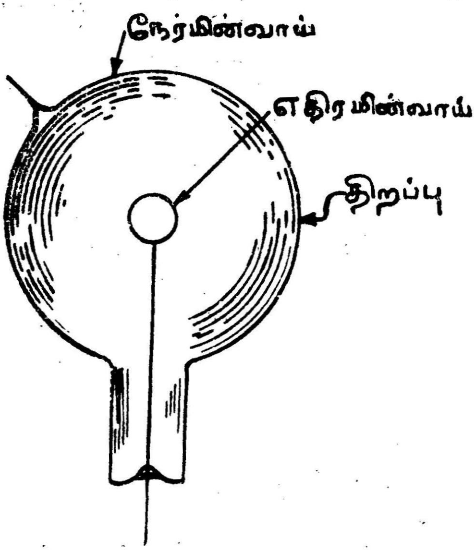
13. உற்பத்தி செய்யப்படும் முறைகள்

இப்போது ஒளிக்குழாய்களை உற்பத்தி செய்யும் எல்லா நிறுவனங்களும் ஒரே முறையைப் பின்பற்றுவதில்லை. ஆகவே, இங்கு ஒளிக்குழாய்களை உற்பத்தி செய்யக் கையாளப்படும் முறைகளின் பொதுவான நியதிகளைப்பற்றி மட்டும் விவரிக்கப் படுகிறது.

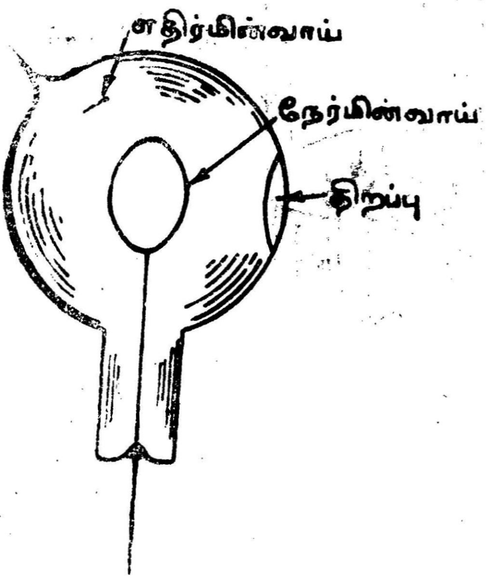
ஒளிக்குழாய்களின் உருவ அமைப்பு

ஒளிக்குழாய்கள் உற்பத்தி செய்யப்படும் முறை, அவற்றின் பரிமாணங்களையும், அவற்றினுள் மின்வாய்கள் பொருத்தப்பட வேண்டிய நிலைகளையும் பொறுத்தது. 13.1 முதல் 13.6 வரை உள்ள படங்கள், வெவ்வேறு தேவைகளைத் திருப்திப்படுத்தும் மின்வாய் அமைப்புகளைக் காட்டுகின்றன.

ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகப் பகிர்வை ஆராய் வதற்கு ஏற்ற உருவ அமைப்புக்கொண்ட ஒளிக்குழாயைப் படம் 13.1 காட்டுகிறது. இதில் எதிர்மின்வாய் கோளவடிவக் குழாயின் மையத்தில் சிறியதாக வைக்கப்பட்டுள்ளது. அதைச் சுற்றிலும் கோளவடிவ நேர்மின்வாய் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. அதனுள் எதிர் மின்வாய்க்கு ஒளியை அனுப்ப ஒரு திறப்பு உள்ளது. இந்த அமைப்பில் மின்வாய்களுக்கு இடையில் உண் டாகும் மின்புலம், மின்வாய்களுக்கு இடையிலுள்ள மின்னழுத் தத்தைவிட மிகுதியான இயக்க ஆற்றல் பெற்றுள்ள எல்லா வெளிவிடு எலெக்ட்ரான்களையும் நேர்மின்வாயினல் சேகரிக்கும் விதத்தில் உள்ளதால், இப்படிப்பட்ட குழாய்கள், ஒளி எலெக்ட் ரான்களின் திசை வேகப் பகிர்வை ஆராய உதவுகின்றன. இம் மாதிரிக் குழாய்களில், குழாயினுள் செல்லும் ஒளிப் பாயத்தின் ஒரு சிறு பகுதியே எதிர்மின்வாயை அடைகிறது. ஆகவே, இஃது அவ்வளவு திறனுடையதன்று.

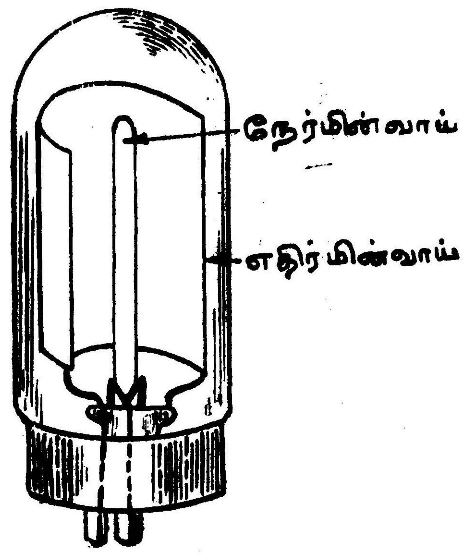


படம் 13. 1
மைய எதிர்மின்வாய் வகை.



படம் 13. 2
உறையின்மேல் படிந்துள்ள எதிர்மின்வாய் வகை.

நடைமுறையில் பொதுவாகப் பயன்படும் ஒளிக்குழாய்களில் இரண்டு மின்வாய்களும் ஒப்பிடக்கூடிய உருவ அளவு பெற்றவையாக உள்ளன. இவற்றில் நேர்மின்வாய் பொருத்தப்பட்டுள்ள நிலையாலும், குழாயின் குறுக்குவெட்டுப் பரப்பாலும், எதிர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்லும் ஒளிக்கு ஏற்படும் தடை மிகவும் குறைக்கப்பட்டுள்ளது. மேலும், இவற்றில் ஒளிபடும் பரப்பு முழுவதும் சீராக அமைக்கப்பட்டுள்ளது. தொடக்க காலத்தில் பயன்படுத்தப்பட்ட ஒளிக்குழாயைப் படம் 13. 2 காட்டுகிறது. இதில் கண்ணடிக் கவசத்தின் மேலேயே எதிர்மின்வாய் நேரடியாகப் படிந்துள்ளது. இதில் ஒளிபுகும் பகுதி கண்ணடியை டார்ச்சிங் செய்வதால் ஏற்படுத்தப்படுகிறது. மையத்திலுள்ள வட்ட வடிவமான நேர்மின்வாய் எலெக்ட்ரான்களைச் சேகரிக்கின்றது.

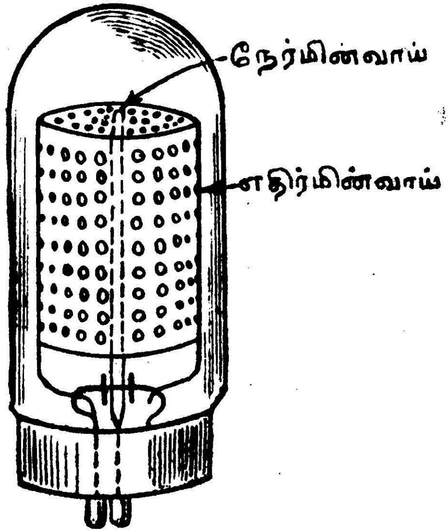


படம் 13. 3
அரை உருளை எதிர்மின்வாய், கம்பி நேர்மின்வாய் வகை

இக்காலத்தில், இத்தகைய ஒளிக்குழாய்களுக்குப் பதிலாகப் படம் 13. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள உருவம்கொண்ட ஒளிக் குழாய்கள் பழக்கத்தில் உள்ளன.

இந்த அமைப்பில் அரை - உருளை வடிவம்கொண்ட உலோக எதிர்மின்வாயும், அதனுடன் ஓரச்சாக உள்ள ஒரு கம்பி

நேர்மின்வாயும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த அமைப்பால் குழாயினுள் மின்வாய்களுக்கிடையே உண்டாகும் மின்கசிவு குறைக்கப்படுகிறது. மேலும், ஒளி உணர் பரப்பின் ஆதாரத் தகட்டை எளிதில் கையாள முடிகிறது. இதுவே எல்லாத்

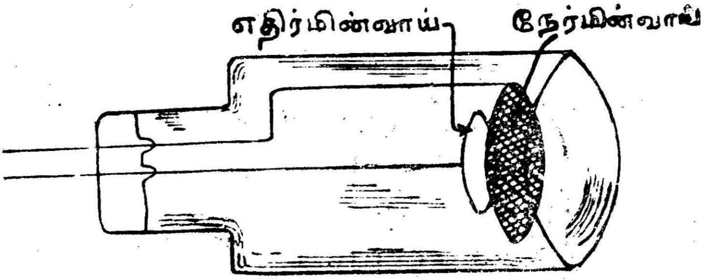


படம் 13. 4
தொளையிடப்பட்ட தகட்டு எதிர்மின்வாய் வகை.

திசைகளிலிருந்தும் வரும் ஒளிக்குச் செயல்பட வேண்டுமானால், படம் 13. 4 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள அமைப்புத் தேவைப்படுகிறது. இதில் அரை - உருளை வடிவ எதிர்மின்வாய்த் தகட்டிற்குப் பதிலாகத் தொளையிடப்பட்ட ஒரு முழு உருளை வடிவத் தகடு பயன்படுத்தப்படுகிறது. அதன் அச்சின் நிலையில் ஒரு கம்பி - நேர்மின்வாய் பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

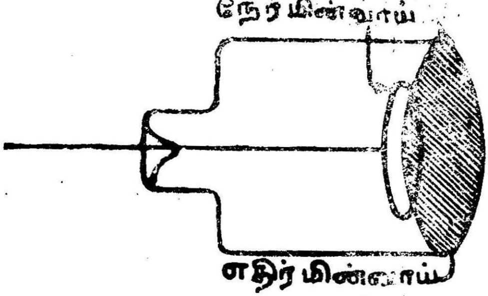
எதிர்மின்வாயினால் ஒளியின் பாதைக்குச் சிறும அளவு தடைகொண்டுள்ள ஒளிக்குழாயின் அமைப்பைப் படம் 13. 5 காட்டுகிறது. இதில் எதிர்மின்வாய் ஒரு வட்ட வடிவமான தகடு. அதற்கு எதிரிலுள்ள நேர்மின்வாய், ஒளி ஊடுருவும் தன்மை பெற்ற தகடு. இது வட்டக் குறுக்குப் பரப்புக்கொண்ட ஒளிக்குப் பயன்படுகிறது. இந்த ஒளிக்குழாய், குறை மின்னழுத்தத்தில் செயல்படும் பயன் முறைக் கருவிகளில் பயன்படுகிறது. இக் கருவிகளில் இந்த ஒளிக்குழாய்களின் திறன் குறைவானாலும்

கருவிகள் செயல்படுவதை இவை பெரிதும் பாதிப்பதில்லை. வாயுக் குழாய்களுக்கு, இந்த அமைப்பில், எதிர்மின் தகட்டை



படம் 13. 5
தட்டை எதிர்மின்வாய், வளை நேர்மின்வாய் வகை.

ஓர் ஆழமற்ற கிண்ண வடிவத் தகடாக அமைக்கிறார்கள். நேர்மின் வாய், அதிக விட்டமுள்ள வளையமாக அமைக்கப்படுகிறது. இதனால் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் கடக்கும் பாதையின் நீளம் அதிகரிக்கிறது.



படம் 13. 6
ஒளிபுகும் எதிர்மின்வாய் வகை.

வேறோர் அமைப்புக் கொண்ட ஒளிக்குழாயைப் படம் 13.6 காட்டுகிறது. இதில் ஒளிபுகும் எதிர்மின்வாய், குழாயின் கண்ணாடிச் சன்னலின் மேல் நேரடியாகப் படியச் செய்யப்பட்டுள்ளது. இந்த எதிர்மின்வாயின் எந்தப் பகுதியும் நேர்மின் வாயால் மறைக்கப்படுவதில்லை. ஒளிக்குழாய், அதன் எதிர் மின்வாயின் தளத்தில், சிறிய இடத்தை மட்டும் நிரப்பவேண்டிய அமைப்புகளில், இம்மாதிரி ஒளிக்குழாய்கள் கையாளப்படுகின்றன.

பொதுவாக, எதிர்மின்வாயிலிருந்து தனித்துப் பொருத்தப் பட்ட சிறிய உருவமுள்ள நேர்மின்வாய் மிகவும் விரும்பத்தக்கது. இதனால் ஒளிக்குழாயின் உருவம் சிறியதாக அமைந்து, மிகுந்த அதிர்வெண் பயன்முறை அமைப்புகளில் மிக்க உதவியாக இருக்கிறது. ஆனால், நேர்மின்வாய்க் கம்பியின் தடிப்பைச் சிறியதாக்கி அதன் உருவத்தைச் சிறிதாக்கும்போது, எதிர்மின்வாயிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களைச் சேகரிக்கும் மின்புலம் குறைகிறது. அதனால் இக் குழாய்களைச் செயல்பட வைக்கத் தேவைப்படும் மின்னழுத்தம் மிகுதியாகிறது.

நடைமுறையில் நேர்மின்வாய்க் கம்பியின் தடிப்பு 0·03 அங்குலமாக எடுத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. வெவ்வேறு திசைகளிலிருந்து வரும் ஒளியில் இயங்கும் ஒளிக்குழாய்களுக்கு மிகுதியான பரப்பு உள்ள எதிர்மின்வாய் இருப்பது பயனுடையதாகும். ஒளி வரும் திசை மாறாததால், நடுத்தர உருவ அளவு கொண்ட ஒளிக் குழாயில், அதிக விட்டமுள்ள வில்லையோ, ஆடியோ கொண்டு ஒளியைக் குவியச் செய்வது மிக்க பயன் தரும்.

மின் கசிவு

எதிர்மின்வாயின்மேல் படும் வீசுகதிரால் உண்டாக்கப்படும் எலெக்ட்ரான் மின்னோட்டத்தின் மதிப்பைச் சார்ந்து, மின்வாய்களுக்கிடையே நிகழும் மின்கசிவு அமைகிறது. தொடக்க காலத்து ஒளிக் குழாய்களில், வலிமைமிக்க ஒளியினால்கூட மிகச் சிறிய அளவு ஒளிமின்னோட்டமே உண்டாக்கப்பட்டது. ஆகவே, அவற்றில் நுட்பம் மிகுந்த கால்வனுமீட்டர் பயன்படுத்தப்பட்டதால், ஒளிக் குழாயினுள் ஏற்படும் கசிவு மின்னோட்டத்தால் பிழைகள் உண்டாகவில்லை. ஆனால், இக் காலத்திய நுட்பம் மிகுந்த ஒளிக்குழாய்களில் மின்கசிவினால் உண்டாக்கப்படும் விளைவுகள் பெரும் பிழைகளை ஏற்படுத்தக்கூடியவை. ஆகவே, செறிவு குறைந்த ஒளியைப் பயன்படுத்தும் உணர்வுநுட்பம் மிகுந்த ஒளிக்குழாய்களில் ஏற்படும் மின்கசிவுக்கு முன்னெச்சரிக்கை எடுத்துக்கொள்வது இன்றியமையாததாகிறது.

ஒளிக்குழாய் இணைப்பின் உயர் மின்தடைப் பாதையில் ஒரு மின்கடத்தும் வளையத்தை இணைத்து அதன் மறுமுனையை நிலத்துடன் இணைப்பது கசிவு மின்னோட்டத்தை நீக்குவதற்கான ஒரு பயன்மிக்க முறையாகும். மேலும் மின்கசிவைக் குறைப்பதற்கு ஒளிக் குழாயின் எதிர் நுனிகளில் இரு மின்வாய் முனைகளைப் பொருத்திக் கசிவுப் பாதையின் நீளத்தை அதிகரிக்கலாம். அல்லது குழாயின் பற்றவைப்பு இடத்தில் உள்ள இரு கம்பி

களையும் மின்கடத்தா உறையால் (sleeves) மூடலாம். இந்த மின்கடத்தா உறைக் கவசத்தின்மேல் செரிசின் (ceresin) போன்ற ஒரு தகுந்த பூச்சைப் பூசுவதால், உறையின் காப்புத் திறன் (insulation) அதிகரிக்கிறது. ஆனால், இந்த உறையின் மேலும் கார உலோகங்கள் படிந்து விடுகின்றன. அதற்கும் தகுந்த முன்னெச்சரிக்கை எடுத்துக்கொள்ளவேண்டும்.

ஒளிக்குழாயின் மின் காப்புப் பகுதிகளின்மேல் கார உலோகப் பொருள் படியும் வீதம், குழாயினுள் உள்ள அதன் ஆவி அழுத்தத்தைப் பொறுத்தது. பொதுவாக கார உலோகப் பொருள்களின் அணு எடை அதிகரிக்கும்போது அவற்றின் உருகுநிலை எந்த வீதத்தில் குறைகிறதோ, அதே வீதத்தில் அவற்றின் ஆவி அழுத்தம் அதிகரிக்கிறது. தூய்மையான லிதியம், சோடியம் ஆகியவற்றின் உருகுநிலை அதிகமானதால், சாதாரண அறை வெப்பநிலையில் அவற்றின் ஆவி அழுத்தம் புறக்கணிக்கக்கூடிய அளவு சிறியதாகிறது. ஆகவே, மிக நீண்ட காலத்திற்குப் பிறகும் அவை ஆவியாகி மறுபடியும் உறைவதில்லை. ஆனால் ஓர் ஒளிக்குழாய் சீசியம், பொட்டாசியம் போன்ற எளிதில் ஆவியாகக் கூடிய காரப்பொருள்களைச் சிறிது மிகுதியாகப் பெற்றிருந்தாலும், அவை மின் முனைகளுக்கு இடையில் ஒரு மின்கடத்தும் அடுக்காகப் படிவதை நிறுத்தமுடியாது.

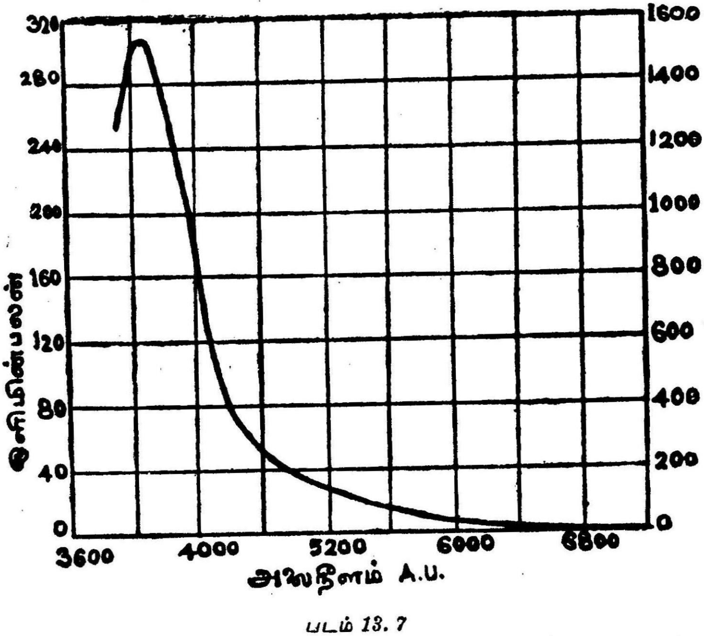
ஆகவே, நடைமுறையில் இந்த இடையூற்றைத் தவிர்ப்பதற்கு, நேர்மின்வாயைத் தாங்கும் கம்பியை ஒரு கண்ணாடி உறையினுள் இட்டுக் கண்ணாடி உறையின் தொடர்பற்ற முனையைச் சுற்றிலும், அதனைத் தொடாமல் மறைக்கக் கூடிய ஓர் உலோகக் கிண்ணம் பொருத்தப்படுகிறது. இருப்பினும், கார உலோகம் படிவதால் உண்டாகும் கசிவைத் தடுப்பதற்கு அந்த இடத்தைத் தொடர்ந்து எப்போதும் சூடாக்குவது நடைமுறையில் கையாளப்படுகிறது.

சிக்கலான எதிர்மின்வாய்கள் கொண்ட ஒளிக் குழாய்கள் உற்பத்தி செய்யும் புதிய முறைகளில், இரு முனைகளையும் ஒரு வார்ப்பு இடத்தில் பொருத்தி, அவற்றிற்கிடையே பல ஆயிரம் மெகா ஓம் மின் தடையை அமைத்து, சீசியத்தைக் குழாயினுள் பயன்படுத்துகிறார்கள். எதிர் மின்வாயை உருவாக்கும்போதே அதன் பரப்பில் மிகமிகச் சிறிய அளவு கார உலோகம் கட்டுண்டிருக்கும்படி அமைத்து விடுகிறார்கள். மிகையான சிறிதளவு சீசியம், வார்ப்பில் உள்ள ஈயக்கண்ணாடியால் உறிஞ்சப்படுகிறது. இதில் கண்ணாடியில் உள்ள ஈயத்தைச் சீசியம் வெளியேற்றுவதால் வெளிப்படும் ஈயம் கண்ணாடிப் பரப்பைக் கரியதாக்குகிறது.

கார உலோகங்களைச் செலுத்தும் முறைகள்

கட்புலனாகும் ஒளியில் இயங்கும் ஒளிக் குழாய்களின் உணர் திறன் பொருள்கள்: சோடியம், லிதியம், பொட்டாசியம், ருபீடியம், சீசியம் போன்ற கார உலோகங்கள்; கால்சியம், ஸ்ட்ரான்சியம் போன்ற கார மண் உலோகங்கள் (Alkali earth metals); கார, கார மண் உலோகங்களின் கூட்டுப் பொருள்கள். இவற்றில் மிகுதியாகப் பயன்படும் உலோகங்கள்: சோடியம், பொட்டாசியம், ருபீடியம், சீசியம், பேரியம் ஆகியவை. இவை அவற்றின் கரைசல்களிலிருந்து வடிகட்டுதல் (distillation), மின் பகுப்பு (electrolysis), கூட்டுப் பொருளிலிருந்து பிரித்தல் (reduction from compounds) ஆகிய முறைகளில் பிரிக்கப்பட்டுக் குழாயின் எதிர்மின்வாயின்மேல் படியச்செய்யப்படுகின்றன.

கரைசல்களிலிருந்து வடிகட்டும் முறையைக் குன்ஸ் (Kunz) கையாண்டார். இந்த வடிகட்டலுக்கு வசதியற்ற மிகுந்த வெப்ப



படம் 13. 7
லிதியம் பரப்பின் நிறமாலை — மின்பலன் வளைகோடு.

நிலை தேவைப்படுகிறது. அம்மோனியா உள்ள எதிலாமைன் (ethylamine) திரவத்தில் உலோக லிதியம் கரைக்கப்படுகிறது. இதனால் கிடைக்கும் நீல நிறக் கரைசல் ஒளிக்குழாயினுள் வைக்

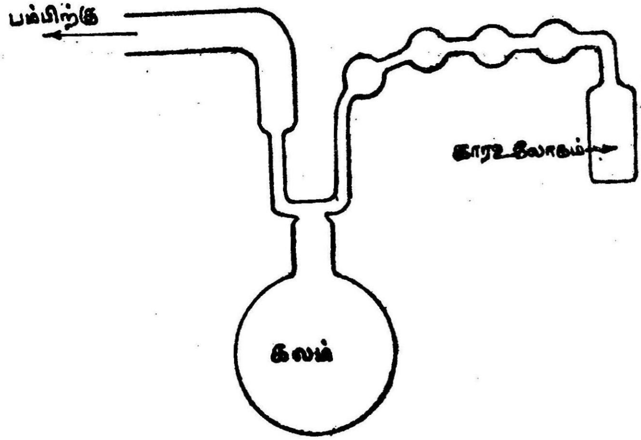
கப்படுகிறது. ஒளிக்குழாயிலிருந்து எதிலாமைனைக் குழாய் மூலம் வெளியேற்றினால், ஒளிக் குழாயின் கண்ணாடிப் பரப்பில் சாம்பல் நிறம் கலந்த நீலநிற லிதியம் படிந்திருக்கும். இதன் நிற மாலைப்பகிர்வு வளைகோடு படம் 13.7-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

சோடியம், சீசியம் ஆகியவற்றை வடிகட்டுவது இரண்டு விதமாகச் செய்யப்படுகிறது. ஒளிக்குழாயுடன் இணைக்கப்பட்ட ஒரு கண்ணாடி அமைப்பால் ஒரு புற வழங்கீட்டிலிருந்து (external supply) இவற்றைப் படியச் செய்யலாம். அல்லது ஒளிக்குழாய் வெற்றிடமாக்கப்படுவதற்கு முன்பாகவே அதனுள் தேக்கி வைக்கப்பட்ட தூய உலோகத்தை ஆவியாக்குவதால் அதை ஒளிக் குழாயினுள் படியவைக்க முடியும். லிதியத்தின் உருகுநிலை (186°C) மிகுதியானதால் கண்ணாடிக் குழாயினுள் வடிகட்ட முடியாது. ஆனால் முறைப்படி செய்யப்பட்டு, ஒளிக்குழாயினுள் பொருத்தப்பட்ட, அதன் திடநிலைப் பகுதியை ஆவியாக்குவதால், லிதியத்தை ஒளிக்குழாயில் படியவைக்க முடியும். இதற்கு ஐவ்ஸ், ஆல்பின் (Ives and Olpin) என்னும் இருவரும் ஒரு செய்முறையைக் கையாண்டனர்.

முதலில் ஓர் உள்ளீடற்ற சிறிய எஃகு உருளை திடநிலையிலுள்ள லிதிய உலோகத்தினுள் செலுத்தப்படுகிறது. இதனால் நுனிகளில் மட்டும் ஆக்சிஜன் ஏற்றப்பட்ட பகுதியையும், நடுவில் தூய பகுதியையும்கொண்ட லிதியம், எஃகுக் குழாயினுள் அடைக்கப்படுகிறது. பிறகு இது கண்ணாடிக் குமிழினுள் வைக்கப்பட்டு லிதியத்தின்மேல் மட்டும் தன் எடை முழுவதும் தாக்கும்படி ஓர் அழுத்தப்பொறி (plunger) எஃகு உருளையின்மேல் பொருத்தப்படுகிறது. மிகுந்த அதிர்வெண் உள்ள மின்காந்தப் புலத்தால் எஃகு உருளை சூடாக்கப்படும்போது லிதியம் உருகுகிறது. ஆனால், அதனால் தன் ஆக்சைடு வழியாகக் கசிந்தொழுக முடிவதில்லை. ஆனால் அதன் மேற்பரப்பில் மிகுந்த அழுத்தம் செயல்படுவதால், லிதியம் ஆவியாக மாறிக் கண்ணாடிக் குழாயின் சுவர்களில் படிந்துவிடுகிறது.

மற்றக் கார உலோகங்கள், தொலைவில் வைக்கப்பட்ட கண்ணாடித் தொகுப்பிலுள்ள வழங்கீட்டிலிருந்து, அடுத்தடுத்த ஆவி சுருக்கும் (condensation chambers) பகுதிகள் வழியாக வடிகட்டப்படுகின்றன. இவற்றின் அமைப்பு, படம் 13.8-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் ஒவ்வோர் ஆவி சுருக்கும் நிலையிலும் மிகுதியாகத் தூய்மையாக்கப்பட்டு, முடிவாக மிகத் தூய்மையான ஆவி ஒளிக்குழாயினுள் செலுத்தப்படுகிறது. அப்போது முழு அமைப்பும் இறுக்கமாக மூடப்பட்டுவிடுகிறது.

ஒளிக்குழாயினுள் கார உலோகத்தைக் குழாயின் கண்ணாடிச் சுவர் முழுவதிலுமோ அல்லது முன்பே பொருத்தி வைக்கப்பட்ட

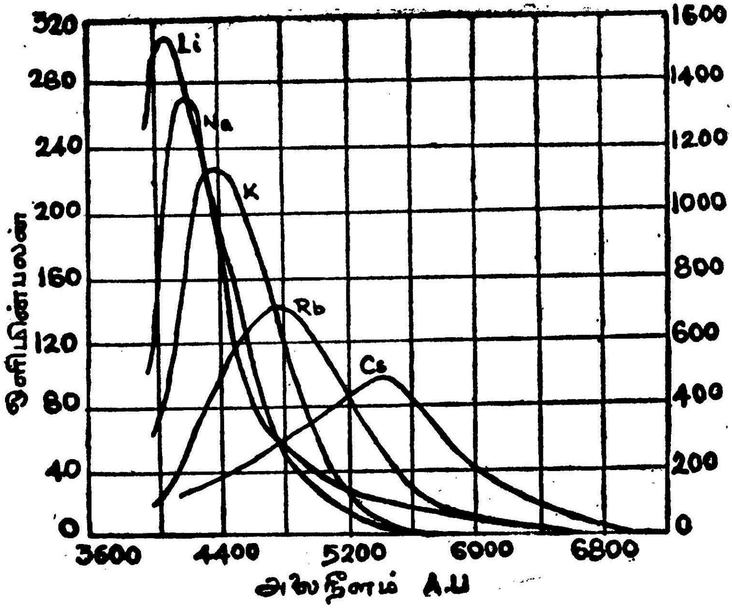


படம் 13. 8
பல வடிகட்டும் பகுதிகள் வழியாகக் கலத்தினுள்
கார உலோகம் படியும் முறை.

வெள்ளி போன்ற மின்கடத்தும் உலோக மென்தகட்டின் மேற் பரப்பில் மட்டுமோ படியும்படி செய்யலாம். இந்த அடுத்தடுத்த வடிகட்டுதலை, புன்சன் சுடரைக்கொண்டு செய்யலாம். இந்த ஒளிக் குழாய்களின் நிறமாலைப் பகிர்வுக் கோடுகள் படம் 13. 9 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

குறைந்த வெப்பநிலைகளில் கார உலோகங்களின் செயல் திறனும் குறைந்து விடுகிறது. இத் தன்மையைப் பயன்படுத்திக் கார உலோகங்களை ஒளிக்குழாயினுள் செலுத்த ஒரு புதுமை யான முறை கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. ஒரு கண்ணாடிக் குமிழில் குறைந்த அழுத்தத்தில் பொட்டாசியம் உருக்கப்படுகிறது. இப்படி உருக்கப்பட்ட உலோகம் இன்னொரு பக்கக் குழாயினுள் வடித்திறுக்கப்பட்டு அது நன்கு மூடப்படுகிறது. குளிர்ச்சியா யிருக்கும்போது, அக் குழாய் திரவக் காற்றினுள் முழுக்கி வைக்கப்படுகிறது. அந் நிலையில் பொட்டாசியம் செயல்திறனற்று இருக்கிறது. கார உலோகத்துடன் கூடிய அக் குழாயின் ஒரு பகுதி தேவைப்படும்போது உடைக்கப்பட்டு, ஒளிக்குழாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள வடிகட்டும் அமைப்புக்குள் விரைவாகச் செருகப்படுகிறது. அமைப்பு இறுக்கமாக மூடப்பட்டுக் கார

உலோகம் சூடாகி ஆக்சிஜன் ஏற்றம் பெறுவதற்கு முன்பாக, எல்லாப் பல்வாயிற் குழாய்களும் வெற்றிடமாக்கப்படுகின்றன. அதனால் உலோகம் ஒளிக்குழாயினுள் சென்று படிந்துவிடுகிறது.

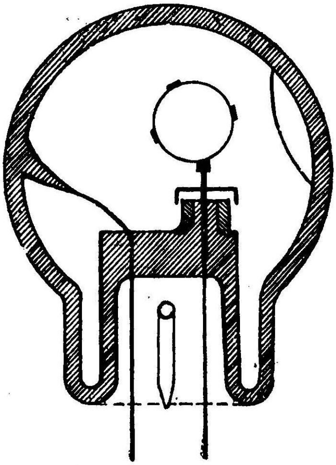


படம் 13.9
கார உலோக ஒளிக்குழாய்களின்
நிறமாலை—ஒளிமின் பலன் வளைகோடுகள்.

வேதியியல் கூட்டுப் பொருள்களை வெப்பத்தால் சிதைவுறச் செய்யும் முறைதான் பொதுவாகப் பயன்பட்டுவரும் முறை. இந்த முறை ஸ்வோரிகின் (Zworykin) சீசியம் — மெக்னீசியம் ஒளிக்குழாய்களில் வெற்றிகரமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. இதன் அமைப்பைப் படம் 13.10 - லிருந்து தெரிந்துகொள்ளலாம். பற்ற வைப்பு வார்ப்பில் இரு கம்பிகள் உள்ளன. ஒரு கம்பி ஒளிக்குழாயின் உள் சுவருடன் பற்றவைக்கப்பட்டுள்ளது; இன்னொரு கம்பி குழாயின் மையத்தில் அதன்மேல் ஓர் உலோக ரிப்பனுடன் பொருத்தப்பட்டு நிறுத்தப்பட்டுள்ளது. உலோகக் கிண்ணத்தைத் தொடாமல், மையக் கம்பியைச் சூழ்ந்து ஒரு கண்ணாடி உறை உள்ளது. இதனால் மின்காப்புக் கிடைக்கிறது. இந்த வளையத்துடன் சில மெக்னீசியத் துண்டுகள் பற்றவைக்கப்

பட்டுள்ளன. இந்த வளையத்தின் மேல் சீசியம் ட்ரை நைட்ரைட்டின் (C_sN_3) நீர்க் கரைசலும் பூசப்பட்டுள்ளது.

வழக்கமான முறைப்படி ஒளிக்குழாய் வெற்றிடமாக்கப் பட்டு வாட்டிச் சூடுபடுத்தப்பட்ட பிறகு, அது உடனே பல்வாயிற் குழாயினின்று பிரிந்து இறுக்கமாக மூடப்படுகிறது. பிறகு குழாயினுள் உள்ள வளையம் மிகுந்த அதிர்வெண் உள்ள மின் காந்தப் புலத்தால் சூடுபடுத்தப் படும்போது மெக்னீசியம் ஆவியாகிக் குழாயின் சுவர்களில் படிந்துகொள்கிறது. அப்போது ட்ரை நைட்ரைட்டு வெப்பத்தால் பிரிக்கப்பட்டு, அதிலிருந்து கிடைக்கும் நைட்ரஜன் செயல் திறனுள்ள மெக்னீசியத்துடன் கட்டுண்டு கொள்கிறது.

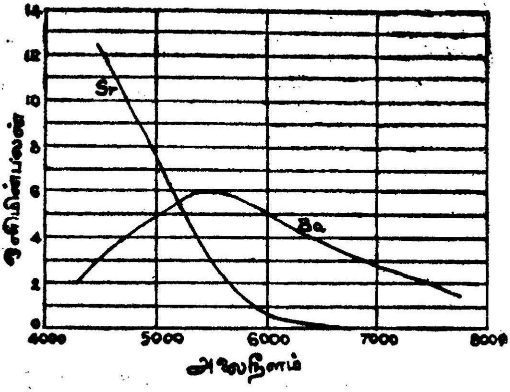


படம் 13. 10
சீசியம் — மெக்னீசியம் ஒளிக்குழாயின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம்.

இவ்விதமாக வெண்மையான மெக்னீசியப் பூச்சின்மேல் கண்ணுக்குப் புலப்படாத ஏடாகச் சீசியம் ஆவி படிந்து உறைகிறது. தகுந்த இடத்தில் குழாயின் வெளிப்புறத்தை, புன்சன் சுடரால் சூடுபடுத்தினல் அங்கு ஒளி புகுவதற்கான சன்னல் உண்டாகிறது, இவ்வாறு ஒளிக் குழாயின் முழு அமைப்பு உருவாக்கப்படுகிறது.

பிளாட்டினம்— இரிடியம் இழையின்மேல் உள்ள ஸ்ட்ரான்சியம் (strontium) மற்று பேரியம் ஆக்சைடுகளை வெப்பத்தால் சிதைவுபடுத்தி, நிக்கல் தகட்டின்மேல் அமைந்த ஸ்ட்ரான்சியம் குழாய்களைக் கேஸ் (Case) என்பவர் உருவாக்கினர். பிளாட்டின - இரிடிய இழை, பேரியம் - ஸ்ட்ரான்சியம் நைட்ரேட் பசையால் நன்கு பூசப்பட்டு ஒரு நிக்கல் தட்டுடன் ஒரு குழாயில் வைக்கப் பட்டுக் காற்றில் சூடாக்கப்பட்டது. அப்போது நைட்ரேட்டுகள் ஆக்சைடுகளாக மாற்றப்பட்டன. குழாய் வெற்றிடமாக்கப் பட்டு வாட்டிச் சூடாக்கப்பட்ட பிறகு, இழையிலிருந்து வெளிப் படும் எலெக்ட்ரான்களால் நிக்கல் தட்டு தாக்கப்பட்டு, அதனுள் உறிஞ்சப்பட்டிருந்த வாயு வெளியேற்றப்பட்டது,

பிறகு மின்வாய்களுக்கிடையில் மின்னழுத்தம் சுழியாகக் குறைக்கப்பட்டு, இழை ஆரஞ்சு நிறத்திற்குச் சூடுபடுத்தப்பட்ட

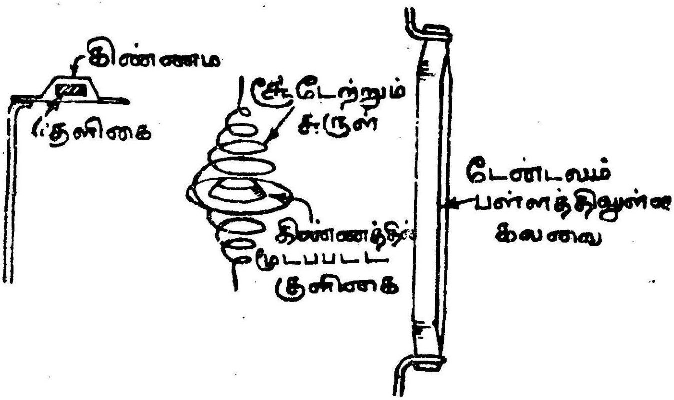


படம் 13. 11
பேரியம், ஸ்ட்ரான்சியம் கலங்களின்
நிறமாலை — ஒளிமின்பலன் வளைகோடுகள்.

போது, பேரியம் வெளிப்பட்டு நிக்கல் தட்டின்மேல் படிந்தது. இத் தட்டு ஒளி உணர் எதிர்மின்வாயாகிறது. இழை வெண்மை நிறத்திற்குச் சூடுபடுத்தப்பட்டபோது, ஸ்ட்ரான்சியம் வெளிப்படுகிறது. அப்போது ஸ்ட்ரான்சிய ஒளி எதிர்மின்வாய் உண்டாகிறது. இவ்வாறு கேஸ் உருவாக்கிய பேரியம், ஸ்ட்ரான்சியம் ஒளிக்குழாய்களின் நிறமாலை மின்பலன் வளைகோடுகளைப் படம் 13. 11 காட்டுகிறது.

சீசியம், ருபீடியம் ஆகிய கார உலோகங்களின் மூலங்கள் தூள் சிலிக்கானுடன் கலந்த குரோமேட்டுகளின் (chromate) கலவையாகும். இக் கலவை குளிகைகளாக்கப்பட்டுத் (pellet) தட்டையான நிக்கல் அல்லது டேன்டலம் கிண்ணத்தில் இடப்பட்டு இறுக்கமாக மூடப்படுகிறது. இந்தக் கிண்ணம் நேர்மின்வாய்க் கம்பியுடனோ அல்லது ஒரு பக்கக் குழாயுள்ள ஒரு தண்டுடனோ பற்றவைத்துப் பொருத்தப்படுகிறது. இதை ஓர் அதி — அதிர்வெண் கம்பிச்சுருளால் சூடுபடுத்தினால், கிண்ணத்திலிருந்து சீசியம், ருபீடியம் வெளிப்படுகிறது. இப்படி இல்லாமல், கலவையை ஒரு குறுகிய டேன்டலம் தகட்டை மடக்குவதால் உண்டாகும் பள்ளத்தில் இட்டு, அந்தத் தகட்டை இரு வார்ப்புக் கம்பிகளுடன் பற்றவைத்துக் கடத்தல் முறையில் சூடுபடுத்தும்போது கார உலோகம் வெளிப்படுகிறது.

படம் 13. 12 மேற்கூறிய முறைகளைக் காட்டுகிறது. கிண்ணத்தில் இடப்பட்ட குளிகை, இரு டங்க்ஸ்டன் இழைகளால் கடத்தல் முறையில் சூடுபடுத்தப்படுவதையும் படம் காட்டுகிறது.



படம் 13. 12

கார உலோகங்களை வேதியியல் வினையால் படியவைத்தல்.

(a) அதி — அதிர்வெண் மின்னோட்டத்தால் வெப்பமூட்டப்படும் உலோகக் கிண்ணம்;

(b) கடத்தல், கதிர்வீசல் முறையில் வெப்பமூட்டப்படும் உலோகக் கிண்ணம்;

(c) கடத்தல் முறையில் வெப்பமூட்டப்படும் டேன்டலம் பள்ளம்.

ஹைட்ரஜனைக் கொண்டு உணர்திறனூட்டல்

எல்ஸ்டர், கெய்ட்டல் ஆகியோர் ஹைட்ரஜனில் பொலிவு பெற்றுள்ள மின்னிறக்கக் குழாயினுல் கார உலோகப் பரப்புகள் உணர்திறனூட்டப்படும் முறையைக் கண்டுபிடித்தனர். இந்த எளிதான முறையில், வெவ்வேறு வகையான ஒளிக்குழாய் களுக்கு வெவ்வேறு வாயு அழுத்தங்களும், வெவ்வேறு மின்னழுத் தங்களும் தேவைப்படுகின்றன. எடுத்துக்காட்டாகப் பொட் டாசியம் ஒளிக்குழாய் கீழ்க்காணும் முறையில் உணர்திறனூட்டப் படுகிறது :

ஒளிக் குழாயினுள் கார உலோகம் செலுத்தப்பட்ட பிறகு, 2 அல்லது 3 மி. மீ. பாதரச அழுத்தம் உள்ள ஈரமற்ற ஹைட் ரஜன், குழாயினுள் அனுப்பப்படுகிறது. குழாயின் மின் முனை களுக்கிடையில் 3000 ஓம் மின்தடையைத் தொடராக இணைத்து 300 வோல்ட் மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்படும்போது, ஒரு பொலி வுள்ள மின்னிறக்கம் (glow discharge) நிகழ்கிறது. இதனல் பொட்டாசியப் பரப்பு நிறம் பெறுகிறது. அது மயிலின் நீல

நிறத்தைப் பெறும்வரை மின்னிறக்கம் தொடரப்படுகிறது. இப்போது, டங்க்ஸ்டன் விளக்கின் ஒளிக்குள்ள ஒளிக்குழாயின் உணர்வு நுட்பம், அதன் தொடக்க அளவைப் போன்று ஏறத்தாழ நூறுமடங்கு அதிகரிக்கிறது. மின்னிறக்க மின்னழுத்தத்தைத் திசை மாற்றி மாற்றிச் செலுத்தினல் நமக்கு வேண்டிய அளவுவரை ஒளிக்குழாய்க்கு உணர்திறன் ஊட்டலாம்.

பொட்டாசியம் ஹைட்ரைடும், பொலிவு மின்னிறக்க முறையில் அமைக்கப்பட்ட பொட்டாசியமும் கார உலோகத்தினுள் மூழ்கும் தன்மையைப் பெற்றிருக்கின்றன. இதனல் பரப்பின் நிறம் மெதுவாக மாறுகிறது; அதனுடன் பரப்பின் உணர்வு நுட்பமும் குறைகிறது. இதற்குக் கேம்ப்பெல் (Campbell) ஒரு வழியைக் கண்டுபிடித்தார். இவருடைய ஒளிக்குழாயில் கண்ணுக்குப் புலப்படாத அளவு மென்மையான கார உலோக ஏடு உலோகத் தட்டின்மேல் படிகிறது. இந்த ஏடு ஹைட்ரஜனைக் கொண்ட மின்னிறக்க முறையில் உணர்திறனூட்டப்படுகிறது. இந்த ஏடு மிக மெல்லியதாகையால், இது முழுவதும் ஹைட்ரைடாகச் சிறிது நேரத்தில் மாற்றப்படுகிறது. ஹைட்ரைடு பரப்பில் பொட்டாசியம் உறிஞ்சப்படுகிறது. பிறகு ஒளிக்குழாய் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு அழுத்தமுள்ள ஹைட்ரஜனல் நிரப்பப்பட்டால், அக் குழாய் நீண்ட நாள்களுக்குத் திருப்திகரமாக இயங்குகிறது.

14. சீசியம் ஒளிமின்கலம்

மற்றக் கார உலோகங்களைப் போன்று, ஹைட்ரஜனைக் கொண்டு பொலிவுள்ள மின்னிறக்க முறையில், சீசியத்திற்கு உணர்திறன் ஊட்டமுடியாது. எனவே, வேறு தனிப்பட்ட முறைகளில்தான் சீசியம் ஒளிக் குழாய்களுக்கு உணர்திறனூட்டப்படவேண்டும். சிவப்பு, புறச்சிவப்பு ஒளிக்கு உணர்வு நுட்பம் உடைய வெள்ளி - சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் ஒளிக் குழாய்களை உற்பத்தி செய்யும் முறையைக் கோலர் (koller) என்பவர் கி.பி. 1929ஆம் ஆண்டு கண்டுபிடித்தார். அதன் பிறகு கோலர் முறைக்கு மாறுபட்ட வெவ்வேறு முறைகளில் இவை செய்யப்பட்டன. இவை வெவ்வேறு நிறமாலை மின்பலன்களையும் உணர்வு நுட்பத்தையும் கொண்டுள்ளன.

வெள்ளி - சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் ஒளிக்குழாய்

2870°C வெப்பநிலையில் எரியும் விளக்கின் ஒளியில் ஒரு லூமன் அளவுக்கு 10 - லிருந்து 30 மைக்ரோ ஆம்ப்பியர் மின்னோட்டம் கொடுக்கும் ஒரு வெள்ளி - சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் (silver - cesium oxide - cesium) ஒளிக்குழாயை உற்பத்தி செய்யும் முறையைப் பார்ப்போம்.

ஒரு நிக்கல் தகடு அரை உருளை வடிவமாக வளைக்கப்பட்டு ஒளிக்குழாயின் வார்ப்பில் உள்ள இரு கம்பிகளுடன் பற்ற வைத்துப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. பிறகு அதன்மேல் வெள்ளி ஒட்டிக்கொள்ளும் அளவுக்கு ஒரு மெல்லிய தாமிர மின்முலாம் பூச்சுக் கொடுக்கப்படுகிறது. தாமிரப் பூச்சின்மேல் மறுபடியும் வெள்ளி முலாம் கொடுக்கப் படுகிறது. பரப்பின் மூன்றாவது கம்பி நேர்மின் முனையாக அமைகிறது. சீசியம் குரோமேட்—தூள் சிலிக்கான் கலவையின் குளிகைகள் கொண்டுள்ள நிக்கல் கிண்ணம் இந்த மூன்றாவது கம்பியின் உச்சியுடனோ அல்லது அடிநுனியுடனோ பற்றவைக்கப்படுகிறது. கிண்ணத்தை ஓர் அதி -

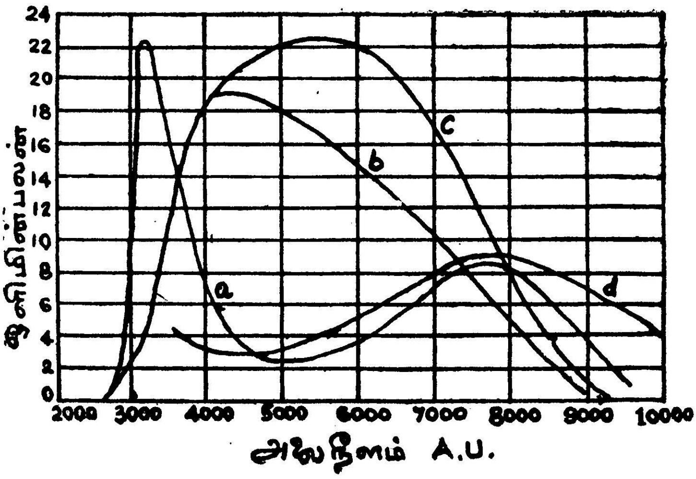
அதிர்வெண் சுருளால் சூடாக்கும்போது, எதிர்மின்வாய் மிகையாத சூடாகாதபடி, இந்தக் கிண்ணம் கம்பியுடன் பற்றவைக்கப்படுகிறது. இந்த வார்ப்பு அமைப்பு, ஒரு சுண்ணும்புக் கண்ணுடிக் குமிழினுள் வைக்கப்பட்டுப் பற்றவைக்கப்படுகிறது. கண்ணுடிக் குமிழ் ஒரு வெற்றிடமாக்கும் அமைப்புக்குள் வைக்கப்பட்டுக் காற்றுப் புகாதபடி இறுக்கமாக மூடப்படுகிறது. 350°C வெப்பநிலையில் வாட்டப்பட்டு, 10^{-5} மி. மீ. பாதரச அழுத்தம் வரை வெற்றிடமாக்கப்பட்ட பிறகு உலை அகற்றப்படுகிறது.

குழாயின் உலோகப் பகுதிகள், ஓர் அதி - அதிர்வெண் கம்பிச் சுருளால் இளஞ்செஞ்சூடு அளவுக்குச் சூடாக்கப்படுகின்றன. பிறகு அவை குளிர்விக்கப்பட்டு, 2 மி. மீ. பாதரச அழுத்த ஆக்சிஜன் உள்ளே அனுப்பப்படுகிறது. இரு மின்வாய்களுக்கிடையே அதி — அதிர்வெண் பொலிவுள்ள மின்னிறக்கம் உண்டாக்கப்படுகிறது. வெள்ளி ஆக்சிஜன் ஏற்றம் பெறும்போது அது முறையே மஞ்சள், சிவப்பு, நீலம், மஞ்சள், சிவப்பு, நீலப் பச்சை, பச்சை நிறங்களை அடைகிறது.

இந்நிலையில் மின்னிறக்கம் நிறுத்தப்பட்டு, உள்ளே உள்ள ஆக்சிஜன் வெளியேற்றப்படுகிறது. பிறகு அதி — அதிர்வெண் சுருளால், சீசிய — சிலிக்கான் குளிகைகொண்ட கிண்ணத்தின் கலவையிலிருந்து சீசியம் வெளிப்பட்டு அது குழாயின் கண்ணுடிப் பகுதிகளில் படியும்வரை சூடாக்கப்படுகிறது. பின்னர்க்குழாய் 200°C வெப்பநிலையில் எதிர்மின்வாயின் விளிம்புகள் சாம்பல் நிறமாக மாறி முடிவில் வெண்மையாக மாறும்வரை வாட்டப்படுகிறது. வார்ப்பின் மேலோ அல்லது எதிர்மின்வாயின் பின்புறத்திலோ பூசப்பட்டுள்ள அமைல் அசிடேட்டில் (amyl acetate) கலந்துள்ள ஈய அல்லது காரீய ஆக்சைடால் குழாயின் மிகுதியான சீசியம் உட்கொள்ளப்படுகிறது. குழாய் வாட்டிப் பண்படுத்தப்பட்ட பிறகு இறுக்கமாக மூடப்படுகிறது.

வெவ்வேறு முறைகளில் உணர்திறன் ஊட்டப்பட்ட வெள்ளி-சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் ஒளிக்குழாய்களின் நிறமாலை மின்பலன் வளைகோடுகளைப் படம் 14. 1 காட்டுகிறது. மேலே விவரிக்கப்பட்ட முறையில் உணர்திறனூட்டப்பட்ட ஒளிக்குழாயின் வளைகோடு படத்தில் *a* - யால் குறிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளிக்குழாய் நெடுநேரம் வாட்டப்படாவிட்டால், எதிர் மின்வாய் தந்த நிறத்தை அடைகிறது ; அதன் உணர்வு நுட்பமும் குறைகிறது. இப்போது குழாயினுள் ஆர்கான் செலுத்தப்பட்டு மின்வாய்களுக்கிடையே பொலிவுள்ள மின்னிறக்கம் உண்டாக்கப்

பட்டால் குழாய் மறுபடியும் பழைய உணர்திறனைப் பெறுகிறது. ஆர்கான் வெளியேற்றப்பட்டுக் குழாய் இறுக மூடப்படவேண்டும்.



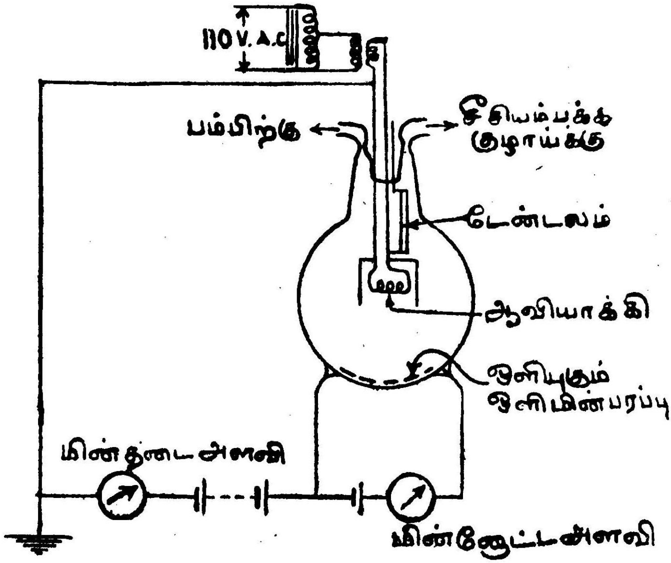
படம் 14. 1
வெள்ளி – சீசியம் ஆக்சைடு – சீசியம் குழாய்களின் நிறமாலை – மின்பலன் வளைகோடுகள்.

d என்ற வளைகோட்டில் காட்டப்பட்டுள்ள புறச்சிவப்பில் மிகுந்த உணர்திறனைப்பெற, குழாயின் கூறுகள் தூய்மையாக இருக்கவேண்டும். குழாயை வாட்டும் உத்தி சரியாகக் கடைப் பிடிக்கப்படவேண்டும்.

வெள்ளி - சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் ஒளிக் குழாயின் அமைப்புப்படம் 14. 2 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் தொடக்க நிலைக் குமிழ், தூக்கிப் பொருத்தப்பட்ட எதிர் மின்வாயின் பரப்பு விளிம்பில் கண்ணடியால் பற்றவைக்கப்பட்ட ஓர் உலோகத் தொடர்பைப் பெற்றிருக்கிறது. இந்தத் தொடர்புக்கு அருகில் உள்ள குழாயின் உட்சுவர் பரப்பில் வெள்ளி பூசப்பட்டுள்ளது. இரு வார்ப்புக் கம்பிகளுக்கிடையில் பொருத்தமான கவசத்தினுள் டங்க்ஸ்டன் இழையுடன் உருக்கி அமைக்கப்பட்ட வெள்ளித் துண்டைக் கொண்டுள்ள வெள்ளி ஆவியாக்கி (evaporator) பொருத்தப்பட்டுள்ளது.

சீசியம் - சிலிக்கான் குளிகைக் கிண்ணம் ஒளிக்குழாயினுள் வைக்கப்படாமல் ஒரு பக்கக் குழாயினுள் வைக்கப்பட்டு, ஒளிக் குழாய்க் குமிழும், சீசியத்தைக் கொண்டுள்ள பக்கக்குழாயும்

இரண்டு வெவ்வேறு உலைகளால் சூடுபடுத்தப் படுகின்றன. ஒளிக்குழாய் வெற்றிடமாக்கப்பட்டு, இரு குழாய்களும் வாட்டப் பட்டு, உலோகப் பகுதிகளின் வாயுக்கள் வெளியேற்றப்பட்ட பிறகு, ஒளிக்குழாயின் சுவரின் மேல் படும் ஒளியில் 50 சதவீதம் உட்புகும்படி வெள்ளி படியும்படி வெள்ளி ஆவியாக்கப்படுகிறது. பிறகு ஒரு பொலிவுள்ள மின்னிறக்கத்தால் வெள்ளியில்



படம் 14. 2
வெள்ளி – சீசியம் ஆக்சைடு – சீசியம் குழாயின் அமைப்பும், உற்பத்தி செய்ய உதவும் மின் இணைப்பும்.

ஆக்சிஜன் ஏற்றப்படுகிறது. பிறகு குழாயில் உள்ள ஆக்சிஜன் முழுவதும் வெளியேற்றப்பட்டு, ஒளிபுகக் கூடிய ஆக்சிஜன் ஏற்றம் பெற்ற வெள்ளிப் பரப்பின்மேல், அதனுள் ஒளிபுகும் அளவு 50 சதவீதம் குறையும்படி வெள்ளி படியும்படி வெள்ளி ஆவியாக்கப்படுகிறது.

பிறகு ஒரு மைக்ரோ அம்மீட்டரும், மின் கலமும் எதிர்மின் வாயுடனும் நேர்மின்வாயாகச் செயல்படும் வெள்ளி ஆவியாக்கி யுடனும் தொடர் இணைப்பாக இணைக்கப்படுகின்றன. இதனால் எதிர்மின்வாயிலிருந்து உண்டாகும் வெப்ப அயனி மின்னோட் டத்தை அளக்க முடிகிறது. 200°C - ல் உள்ள உலையின்மேல் ஒளிக்குழாயின் குமிழ் வைக்கப்பட்டு, பக்கக் குழாயிலுள்ள

சீசியம் - சிலிக்கான் குளிகை சூடாக்கப்படுகிறது. பக்கக் குழாயின் மேல் 150°C - ல் உள்ள உலை வைக்கப்படும்போது, சீசியம் மெதுவாக ஒளிக்குழாய்க் குமிழிற்குள் வடிகட்டப்பட்டு, ஆக்சிஜன் ஏற்றம் பெற்ற வெள்ளியுடன் செயல்படுகிறது.

இவ்வாறு செயல்படும்போது, மைக்ரோ அம்மீட்டரில் ஒரு வெப்ப அயனி மின்னோட்டம் காணப்படுகிறது. இந்த மின்னோட்டத்தின் அளவு அதன் உச்ச அளவைத் தாண்டியவுடன், பக்கக்குழாய் திரவக் காற்றில் மூழ்க வைக்கப்பட்டுத் தனித்து இறுக்கமாக மூடிவிடப்படுகிறது. ஒளிக்குழாயும் அதன் உலையிலிருந்து பிரித்து எடுக்கப்படுகிறது. இம்மாதிரி உண்டாக்கப்பட்ட சாம்பல்நிற ஒளிபுகும் எதிர்மின்வாயின் பரப்பு மின்தடை சில நூறு ஓம்களாக உள்ளது. இதன் ஒளி உணர்திறனும், இதேமாதிரி செய்யப்பட்ட ஒளிபுகா எதிர்மின்வாயின் உணர்திறனுக்குச் சமமாக உள்ளது.

ஆன்டிமனி — சீசியம் ஒளிக்குழாய்

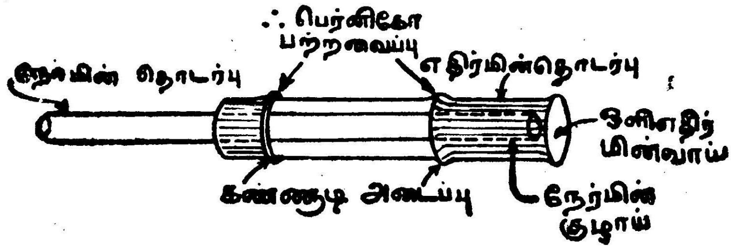
ஆன்டிமனி - சீசியம் ஒளிக்குழாய் மிக்க உணர்வு நுட்பம் உடையது. இதன் உணர்திறன் பரப்புகள் பிஸ்மத், ஆன்டிமனி போன்றவற்றுடன் ஒரு கார உலோகம் சேர்ந்த கலப்பாகும், இதன் அமைப்பு, படம் 14. 2 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள ஒளிக்குழாயின் அமைப்பைப் பெரிதும் ஒத்திருக்கிறது. ஒளிபுகா எதிர்மின்வாயின் செயல்முறையில் மட்டும் சில சிறிய மாற்றங்கள் உள்ளன.

படம் 14. 2 - ல் காட்டியுள்ளதுபோல, ஆவியாக்கியில் உள்ள டங்க்ஸ்டன் இழையிலேயே ஆன்டிமனி எடுத்துக்கொள்ளப்படுகிறது. சீசிய மூலமான, சீசியம் குரோமேட் - சிலிக்கான் கலவை டேன்டலம் பள்ளத்தில் எடுத்துக்கொள்ளப் படுகிறது. இதில் மின்னோட்டத்தை அனுப்பிச் சூடுபடுத்த, மேலே விளக்கிய வார்ப்பில் இன்னொரு கம்பி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ஒளிக்குழாய் வெற்றிடமாக்கப்பட்டு 350°C - க்கு மேற்போகாத வெப்பநிலைக்கு வாட்டப்படுகிறது. பிறகு படியும் ஏட்டிற்குள் ஒளிபுகும் அளவை நிர்ணயித்து, அதற்கு வேண்டிய தடிப்பு உண்டாகும் வரை ஆன்டிமனி ஆவியாக்கப்படுகிறது.

பிறகு ஒளிக்குழாயின் வெப்பநிலை 150°C வரை உலையால் உயர்த்தப்படுகிறது. ஒளி உணர்திறன் பெரும அளவை அடையும்வரை, டேன்டலம் பள்ளம் சூடுபடுத்தப்பட்டு, சீசியம் குழாயினுள் அனுப்பப்படுகிறது. பிறகு குழாய் குளிர்விக்கப்படுகிறது.

குளிர்ந்த பிறகு மறுபடியும் சிறிது சிறிது நேரங்களுக்குச் சீசியம் குழாயினுள் அனுப்பப்பட்டு, குழாய் விட்டு விட்டு வாட்டப்படுகிறது. குழாயின் உணர்திறன் மறுபடியும் அதிகரிக்காதிருக்கும் வரை, இப்படிச் செய்யப்படுகிறது. ஒளி புகும்போது ஒளி எதிர்மின்வாய் சிவப்பாகத் தோன்றும். இப்படிச் செய்யப்பட்ட ஒளிக்குழாய், 2870° C - ல் உள்ள டங்க்ஸ்டன் விளக்கு ஒளியின் ஒரு லூமனுக்கு 45 மைக்ரோ ஆம்ப்பியர் மின்னோட்டம் தருகிறது.

மிகச் சிறிய ஒளிக்குழாய்களில் ஆன்டிமனி, வேறோர் ஆவியாக்கும் அறையில் படியச்செய்யப்படுகிறது. இம் முறைகளில் குழாயைப் பற்றவைக்கும்போது ஆன்டிமனி மிகுந்த வெப்ப



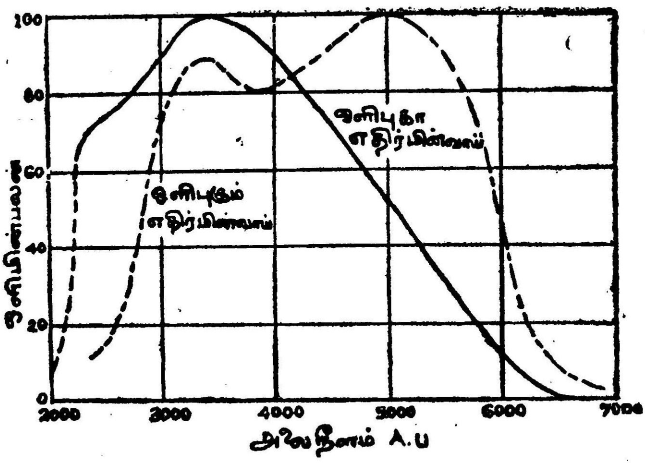
படம் 14. 3
ஆன்டிமனி — சீசியம் குழாய் அமைப்பு.

மடையாமலும், ஆக்சிஜன் ஏற்றம் அடையாம லிருக்கவும் முன்னெச்சரிக்கைகள் எடுத்துக் கொள்ளவேண்டும். படம் 14. 3 இத்தகைய சிறிய ஒளிக்குழாயின் குறுக்கு வெட்டைக் காட்டுகிறது. ஒளிபுகும் எதிர்மின்வாய், ஒரு ஃபெர்னிக்கோ (Fernico) உருளையினுள் பற்றவைத்துப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்த ஃபெர்னிக்கோ எதிர்மின்வாய்த் தொடர்பைக் கொடுக்கிறது. இதை நேர்மின்வாய்க் குழாயிலிருந்து ஒரு கண்ணடி உருளை பிரிக்கிறது. இக் கண்ணடி உருளையின் வழியாகத்தான் ஒளிக்குழாய் வெற்றிடமாக்கப் படுகிறது. இதன் வழியாகவே சீசியம் குழாயினுள் அனுப்பப்படுகிறது. உணர்திறன் ஊட்டப்பட்ட பிறகு நேர்மின்வாய்க் குழாய் ஒரு நெருக்கமான அடைப்பால் பற்றவைத்து மூடப்படுகிறது.

நடைமுறையில், ஒளிக்குழாயின் ஒளிபுகும் எதிர்மின்வாய் அமைப்பதற்கு, ஆன்டிமனிக்குப் பதிலாக ஆன்டிமனியின் பெல்லாடியம், வெள்ளிக், கலப்புப் பொருள்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை ஆன்டிமனியைவிடச் சில நல்ல பலன்களைக் கொடுக்கின்றன. இவை டங்க்ஸ்டன் இழையின்மேல் குமிழ்களாக

அமைகின்றன. ஆன்டிமனி அப்படி அமைவதில்லை; வாட்டப் படும்போது இவை எளிதில் பதங்கமாவதில்லை. மேலும் 41 சத வீதம் ஆன்டிமனி உள்ள ஆன்டிமனி—பெல்லாடியம் கலப்பு உலோகம் ($Sb_3 Pd_5$) பரப்பின் மேல் ஓடாக அமையும்போது, அதன் பரப்பு மின்தடை சில நூறு ஓம்களே உள்ளது. ஆனால், அதே தடிப்புள்ள தூய ஆன்டிமனி அல்லது 69% ஆன்டிமனி உள்ள கலப்பு உலோகப் பரப்பின் மின்தடை பல மெகா ஓம்கள் உள்ளது. ஆனால், கலப்பு உலோக எதிர்மின்வாய்களின் உணர்வுநுட்பத்தை அதிகரிக்க முடியவில்லை.

இருப்பினும் ஒளிபுகும், ஒளிபுகா எதிர்மின்வாய்களைக் கொண்ட ஒளிக்குழாய்களின் நிறமாலை உணர்திறன் பெரிதும் மாறுபட்டுள்ளது. படம் 14. 4 - ல் இந்த மாறுபாடு புலப்படு கிறது. மாறுபட்ட அளவுள்ள ஒளியை உட்கவர்வதால் ஒளி புகும் எதிர்மின்வாய்கள் மிகுதியான அலைநீள ஒளிக்கு அதிக உணர்திறன் பெற்றுள்ளன என்பதும் படத்திலிருந்து புலப்படு கிறது.



படம் 14. 4

ஒளிபுகா, ஒளிபுகும் ஆன்டிமனி — சீசியம் எதிர்மின்வாய்க் குழாய்களின் ஒளிமின்பலன் வளைகோடுகள்.

புற ஊதா ஒளியில் இயங்கும் ஒளிக்குழாய்கள்

புறஊதாக் கதிர்கள்பட்டால் தூய உலோகங்கள் ஒளி எலெக்ட் ரான்களை வெளிவிடுகின்றன. உலோகத்தின் பயன்தொடக்க அலைநீளம், நிறமாலை அணியின் மேல்எல்லையையும் (upper

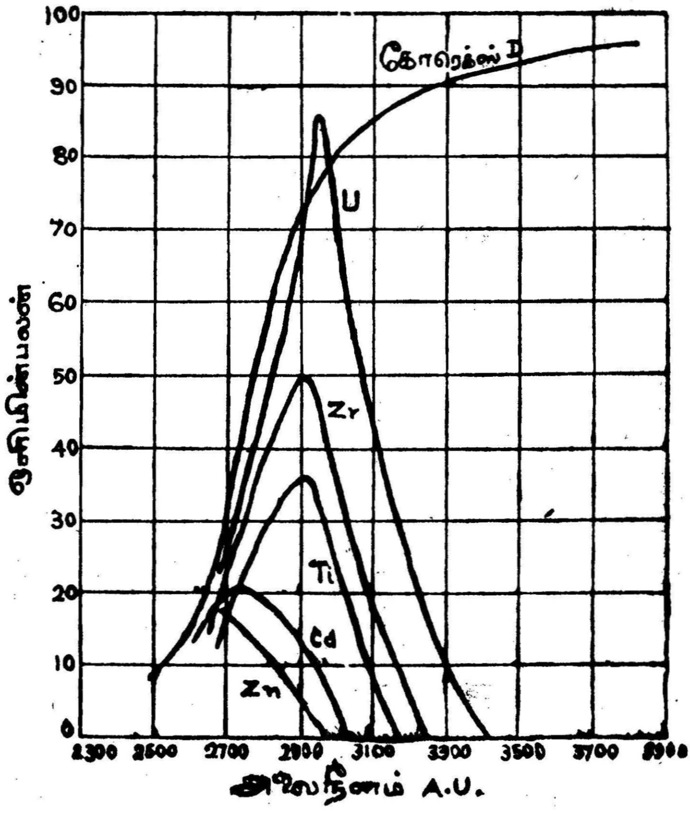
10

limit of spectral range) உறையின் (envelop) புறஊதா உட்கவர்தல் நிறமாலை அணியின் கீழ்எல்லையையும் (lower limit) கொடுக்கின்றன. உலோகங்களின் பயன்தொடக்க அலைநீளங்கள் கீழ்க் காணும் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது :

மூலகம்	பயன்தொடக்க அலைநீளம் A.U.	மூலகம்	பயன்தொடக்க அலைநீளம் A.U.
சீரியம்	4300	காட்மியம்	2920
கால்சியம்	3850	பிஸ்மத்	2870
தோரியம்	3650	மோலிப்டீனம்	2850
யுரேனியம்	3400	குரோமியம்	2840
சிர்க்கானியம்	3300	டங்க்ஸ்டன்	2700
டைட்டானியம்	3150	இரும்பு	2680
டேன்டலம்	3010	நிக்கல்	2550
		பிளாட்டினம்	2000

ஒளிக்குழாய்களுக்குப் பொதுவாகப் பயன்படும் உறை சுண்ணும்புக் கண்ணாடியாகும். இது 3000 A.U. க்குக் குறைவான அலைநீளம் கொண்ட ஒளியை உட்கவர்ந்து விடுகிறது. கோரெக்ஸ் D (Corex D) - யில் அருகு புறஊதா ஊடுருவிச் செல்கிறது. ஆகவே, 2800 A.U. அலைநீளம் வரை கோரெக்ஸ் D_2, ஒளிக்குழாய் உறையாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. மிகமென்மையாக வார்க்கப்பட்ட கோரெக்ஸ் D, 2500 A U. ஒளியில் 70 சதவீதத்தை ஊடுருவிச் செல்ல அனுமதிக்கிறது. உலோகங்களின் பயன்தொடக்க நிலையின் அமைப்பும், கோரெக்ஸ் D - யின் உட்கவர்தலும் சேர்ந்து கூட்டு விளைவாகக் குறுகிய நிறமாலை ஒளிமின் பலன்களைக் கொடுக்கின்றது. கோரெக்ஸ் D - யினுள் வைக்கப்பட்ட பல தூய உலோக ஒளி எதிர் மின்வாய்களுக்கான வளைகோடுகள் படம் 14. 5 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. ஆனால், புறஊதாவிற்கு எரிக்கப்பட்ட குவார்ட்ஸின் அளவுக்கு, சீசியத்தின் உணர்திற னூட்டப்பட்ட ஒளிஎதிர் மின்வாயின் மின்பலன் கார்னிங் 9741 (corning) உறையில்தான் உண்டாகிறது. கார்னிங் 9741 உறையினுள் வைக்கப்பட்ட ஆன்டிமனி – சீசியம் எதிர்மின்வாயின்

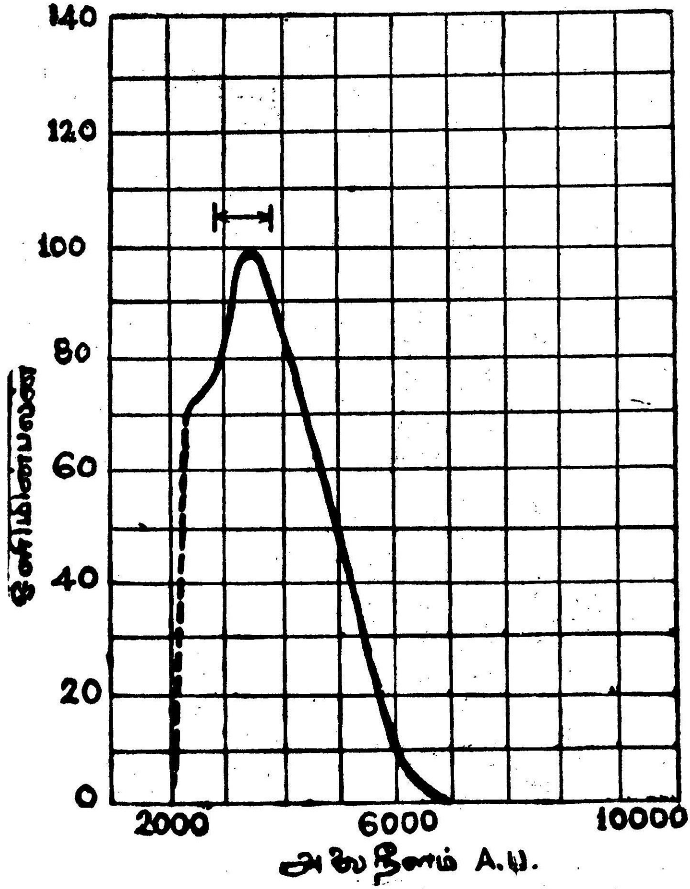
நிறமாலை — ஒளிமின் பலன் வளைகோடு படம் 14. 6 - ல் காட்டப் பட்டுள்ளது.



படம் 14. 5
கோரெக்ஸ் D உறையினுள் உள்ள
தூய உலோகப் பரப்புகளின் உணர்திறன் கோடுகள்.

கம்பிகளாக அமைப்பதற்கு, இழிந்த உலோகங்களின் (base metals) பரப்பைத் தூய்மையாக்கும் உத்தியை ரென்ட்ஸ்லெர் (Rentschler) கண்டுபிடித்தார். உலோகங்களில் சிறு மாசுகள் கலந்திருந்தாலும் அதனால் உலோகத்தின் பயன் தொடக்க அலை நீளம் உயர்த்தப்படும். மேலும், பரப்பின் உணர்வுநுட்பமும் பெரிதும் பாதிக்கப்படும். ஆகவே, மாசுகள் உலோகப் பரப்பில் கலக்காதிருக்க முன்னெச்சரிக்கைகள் எடுக்கப்பட வேண்டும்.

புறஊதாவில் இயங்கும் ஒளிக்குழாயின் அமைப்பைப் படம் 14. 7 காட்டுகிறது. ஒளிக்குழாயின் எதிர்மின்வாயின்மேல்

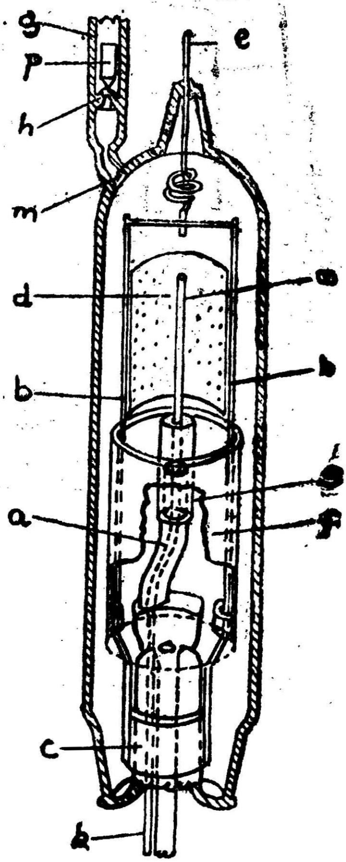


படம் 14. 6
கார்னிங் 9741 உறையினுள் உள்ள
ஆன்டிமனி — சீசியம் பரப்பின் மின்பலன்.

படியச் செய்யப்பட வேண்டிய, ஒளி உணர்திறனுள்ள உலோகம், ய என்ற கம்பி வடிவில் உள்ளது. இது *d* என்ற அரை உருளை வடிவ நிக்கல் மின்வாய்க்கு முன்பு பொருத்தப்பட்டுள்ளது. நிக்கல் மின்வாய் *d*, இரு கம்பிச் சட்டமான *b*-யுடன் பற்றுச வைத்துப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. ய-வின் அடிப் பகுதிகளும் அதன் இணைப்பு நுனியும் *s* என்ற செராமிக் (ceramic) காப்பா

ஞலும் a என்ற கண்ணுடி உறையாலும் மறைக்கப்பட்டுள்ளன. f என்ற நிக்கல் உருளைச் சட்டம் b யின்மேல் நழுவும்படி பொருத்தப்பட்டுள்ளது. செயல் திறனுள்ள உலோகத்தைப் படியச்செய்யும்போது, கண்ணுடி உறையை இந்த நிக்கல் உருளை f மறைத்து விடுகிறது.

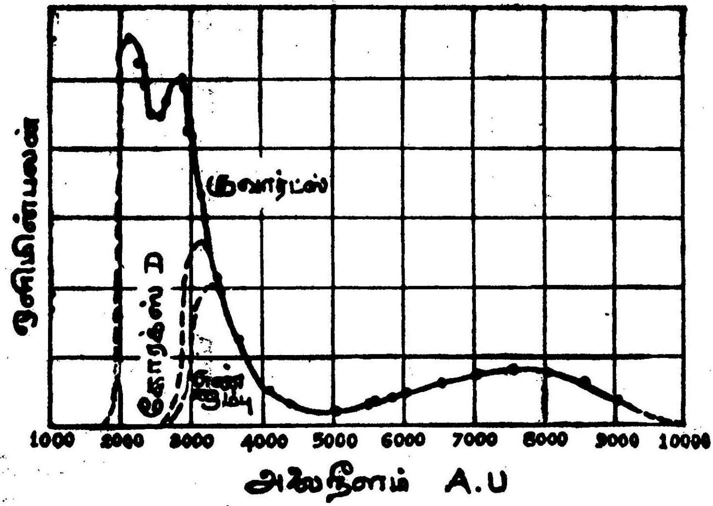
ஒளிக்குழாய் வெற்றிடமாக்கப்பட்டு 400° C-ல் வாட்டப்பட்ட பிறகு, உலோகப் பகுதிகளில் உள்ள வாயுக்கள் வெளியேற்றப்படுகின்றன. அதன் பிறகு ஆர்கான் குழாயினுள் செலுத்தப்பட்டு, குழாய் இறுக்கமாக மூடப்படுகிறது. ய என்ற கம்பியையும், d என்ற மின்வாயையும் சூழ்ந்துள்ள f என்ற நிக்கல் உருளைக்கு ய-வை எதிர்மின்வாயாகக் கொண்டு குழாயினுள் ஒரு மின்னிறக்கம் உண்டாக்கப்படுகிறது. இதனல் ய-வின் உலோகம் d என்ற மின்வாயின் மேல் தெளிக்கிறது. போதுமான அளவு தடிப்புள்ள அடுக்குத் தெளிக்கப்பட்ட பிறகு, g என்ற குழாய் ஒரு வெற்றிடமாக்கும் அமைப்புடன் இணைத்து இறுக்கமாக மூடப்படுகிறது. இப்போது மெல்லிய கண்ணுடிக் குமிழ் h, இரும்பு அழுத்தப் பொறியான p-ஐ உயர்த்துவதால் உடைக்கப்படுகிறது. இந்த இரும்புத் துண்டு ஒரு காந்தத்தால் தூக்கப்படுகிறது. பிறகு ஆர்கான் வெளியேற்றப்பட்டு m என்ற இடத்தில் ஒளிக்குழாய் மூடப்படுகிறது.



படம் 14. 7
புறஊதா உணர்திறன் ஒளிக் குழாயின் அமைப்பு.

கட்புலனுகும் ஒளியில் மிக்க உணர்வுநுட்பமும், புற ஊதாவில் நல்ல உணர்வு நுட்பமும் கொண்ட ஒளிக்குழாய்களைக் கார உலோக எதிர்மின்வாய்களுக்கு வெளியே, புறஊதா ஊடுருவும் தன்மைகொண்ட உறைகளைப் பொருத்துவதால் பெறமுடியும்,

சுண்ணும்புக் கண்ணுடி, கோரெக்ஸ் *D*, எரிக்கப்பட்ட குவார்ட்ஸ் ஆகியவற்ருல் செய்த உறைகளைக்கொண்டு அமைக்கப்பட்ட



படம் 14. 8
ஒளிமின் பலனில் உறையின் பொருள்கள்
உண்டாக்கும் விளைவுகள்.

வெள்ளி — சீசியம் ஆக்சைடு — சீசியம் ஒளிக்குழாயின் நிறமாலை-ஒளிமின்பலன் விளைவு படம் 14. 8 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

15. வெற்றிட ஒளிமின்கலம்

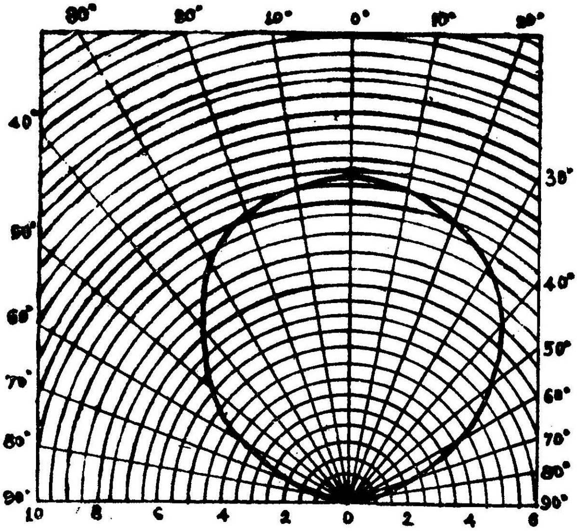
ஒளி படுவதால் ஒளி எதிர்மின்வாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுகின்றன. இத் தத்துவத்தை ஒளிக்குழாயில் பல வெவ்வேறான முறைகளில் பயன்படுத்தலாம். ஒரு சாதாரண வெற்றிட ஒளிக்குழாயில் (vacuum phototube), எதிர்மின்வாயிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களை, நேர்மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்ட இன்னொரு மின்வாய் சேகரிக்கிறது. இப் பகுதியில் அப்படிப்பட்ட வெற்றிட ஒளிக்குழாயின் சிறப்புப் பண்புகளைப் பற்றிப் பார்க்கலாம்.

வெற்றிடத்தில் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் பரவும் விதம்

ஐவ்சும் அவர் கால அறிவியல் அறிஞர்களும் செய்த பரிசோதனைகளின்படி, ஒரு பரப்பிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் பரப்பின் நேர்க்குத்தைச் சுற்றி ஒரே மாதிரியாகப் பரவுகின்றன என்றும், ஏதாவது ஒரு திசையில் ஓரலகு திண்மக் கோணத்திலிருந்து (unit solid angle) வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான் எண்ணிக்கை, அந்தத் திசைப் பரப்பின் நேர்க்குத்துடன் உண்டாக்கும் கோணத்தின் கோசைன் (cosine) மதிப்பிற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது என்றும் தெரியவந்தது. இது படம் 15.1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இந்த விதி, ஒளியின் எல்லாவிதப் படுகோணம், நிறமாலைப் பகிர்வு, தள விளைவுத் தன்மை ஆகியவற்றுக்குப் பொருந்துகிறது. ஆனால், கோசைன் விதி, எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படும் புள்ளியின் அருகிலுள்ள இடத்திற்கு மட்டுமே பொருந்துகிறது. மின்வாய்களுக்கு இடையிலுள்ள நிலைமின் புலத்தினால் நிலைமின் விசைக்கோடுகளின் திசையில் எலெக்ட்ரான்கள் முடுக்கம் பெறுவதாலும், இந்த விசைக்கோடுகள் எதிர்மின்வாய்ப் பரப்பிற்கு நேர்க்குத்தாக உள்ளதாலும், எதிர்மின்வாயிலிருந்து சிறிது தொலைவில் எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கம் எதிர்மின்வாயிலிருந்து

நேர்க்குத்தாக உள்ளது. ஓர் எலெக்ட்ரானின் உண்மையான பாதை, அது எதிர்மின்வாயிலிருந்து வெளிப்படும் மூலப்



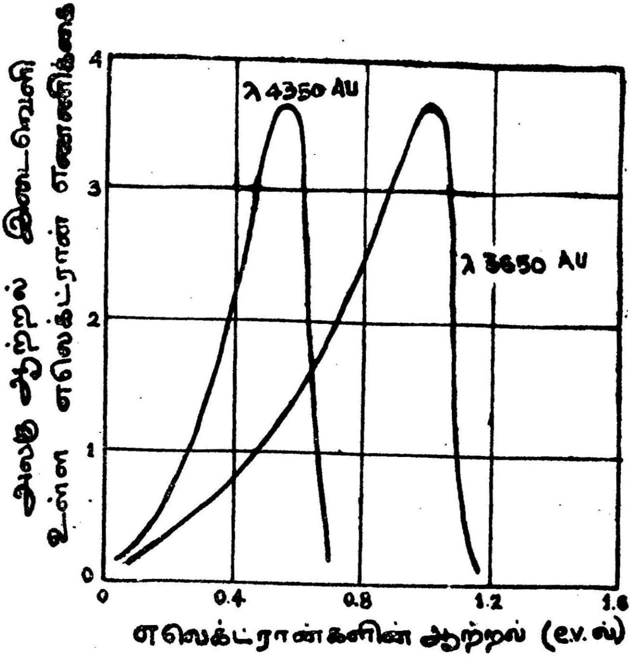
படம் 15. 1

ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் கோணப்பகிர்வு.

புள்ளியையும், அதன் திசைவேகம், வெளிப்படும் திசை, மின்வாய்களுக்கிடையே நிலைமின் புலத்தின் பகிர்வுத் தன்மை ஆகியவற்றைப் பொறுத்து அமைகிறது.

வெளிவிடு ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்க இயக்க ஆற்றல், படும் ஒளிக் குவான்டத்தின் ஆற்றலுக்கும் வெளிவிடும் பொருளின் வெளியேற்று ஆற்றலுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டுக்குச் சமம். எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் பகிர்வு வளைகோடுகள் படம் 15. 2 - ல் காட்டியுள்ளதுபோலச் சுழியில் தொடங்கி ஆற்றல் எல்லையின் மேற்பாதியில் இருக்கும் பெரும அளவு வரை சீராக மேல் நோக்கிச் சென்று பிறகு விரைவாகக் கீழ்நோக்கி அதிக ஆற்றல் புள்ளிக்குச் செல்கிறது. படத்தில் காட்டியுள்ளது பாதரச நிறமாலையின் இருகோடுகளின் ஒளியைப் பொட்டாசியத்தின்மீது விழச்செய்தபோது பிராடியால் (Brady) பெறப்பட்ட வளைகோடுகள். வளைகோடுகளின் வேறுபாடு, தூய உலோகங்களின் தனிச் சிறப்புப் பண்புகளால் ஏற்பட்டது. கூட்டுப் பொருள்களாலும், குறைகடத்திகளாலும் ஆன ஒளி எதிர்மின்

வாயிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் பகிர்வு ஒழுங்கற்றதாக அமையும்.



படம் 15. 2

ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் பகிர்வு வளைகோடுகள்.

நிலைமின்புலத்தின் விளைவு

ஒரு நிலைமின் புலத்தின் வலிமை ஏதாவது ஒரு புள்ளியில் E ஆக இருக்குமானால், புலத்தின் திசையில் மின்னேற்றம் — e - யும் நிறை n - மும் கொண்ட ஓர் எலெக்ட்ரான்மீது செயல்படும் விசை — eE ஆகும். மின்புலத்திலுள்ள A என்ற ஏதாவது புள்ளியிலிருந்து B என்ற இன்னொரு புள்ளிக்குச் செல்லும் எலெக்ட்ரானுக்குக் கொடுக்கப்படும் ஆற்றல், எலெக்ட்ரான் வெவ்வேறான பாதைகளில் நகர்ந்து சென்றாலும் ஒரே அளவானதாகும். V_A, V_B என்பவை அந்தப் புள்ளிகளின் நிலைமின்னழுத்தங்களானால், எலெக்ட்ரானுக்குக் கொடுக்கப்பட்ட ஆற்றல் $e\ (V_A - V_B)$ - க்குச் சமமாகும். ஆகவே, குறிப்பாக எலெக்ட்ரான் எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாய்க்குச் செல்லும்போது அதற்குக் கொடுக்கப்படும் ஆற்றல் eV ஆகும். இங்கு V என்பது

இரு மின்வாய்களுக்கு மிடையில் உள்ள மின்னழுத்த வேறு பாடாகும்.

எலெக்ட்ரானின் தொடக்கத் திசைவேகம் v_0 - வாகவும், அது நேர்மின்வாயை அடையும்போது பெற்றுள்ள திசைவேகம் v ஆகவும் இருந்தால், v - ன் மதிப்பை,

$$\frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} mv_0^2 + eV$$

அல்லது,
$$v = \left(v_0^2 + \frac{2eV}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$$

என்ற சமன்பாட்டால் கணக்கிடலாம். நேர்மின்வாய் எதிர்மின் வாயைப் பொறுத்து எப்பொழுதும்போல் ஓர் எதிர்மின்னழுத்தம் பெற்றிருந்தால், மின்வாய்களுக்கிடையே எலெக்ட்ரானுக்கு எதிர் முடுக்கம் உண்டாகிறது. இதனால் எலெக்ட்ரான் மறுபடியும் எதிர்மின்வாயை அதிலிருந்து வெளிப்பட்ட தொடக்க ஆற்ற லுடன் திரும்பிவந்து சேருகிறது.

இதே விளைவு, நேர்மின்வாய்க்குச் சிறிதளவு நேர்மின் னழுத்தம் இருக்கும்போது, எதிர்மின்வாய்க்கு அருகில் நிறைய எலெக்ட்ரான்கள் இன்னொரு மின்வாயால் ஈர்க்கப்படாமல் இருப்பதால் நிகழ்கிறது. இந்த எதிர் "சூழ் மின்னூட்டத்தால்" (space charge) உண்டாக்கப்படும் விலக்கல் விசை, எதிர்மின் வாயிலிருந்து குறைவான தொடக்கத் திசைவேகத்துடன் வெளிப் படும் எலெக்ட்ரான்களை எதிர்மின்வாய்க்கே திருப்பி அனுப்பி விடுகிறது. இதனால், உண்டாக வேண்டிய மொத்த ஒளிமின் னோட்டம் குறைகிறது. ஆனால், ஒளிக்குழாய்களில் சூழ் மின் னூட்டம் மிகமிகக் குறைவானதால், இந்த விளைவு அவற்றில் மிகையாக இல்லை.

காந்தப் புலத்தின் விளைவு

வழக்கமான வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களில் வலிமை குன்றிய புவி காந்தப் புலத்தைத் தவிர வேறு எந்தக் காந்தப் புலமும் செயல்படுவதில்லை. ஆனால், சில சிக்கலான ஒளிக்குழாய் அமைப் புகளில் வேறு காந்தப்புலங்களும் செயல்படுகின்றன. அவற் றைப் பற்றிப் பிறகு பார்க்கலாம்.

காந்தப்புலங்கள் எலெக்ட்ரான்கள்மேல் உண்டாக்கும் விளைவு மின்புலம் உண்டாக்கும் விளைவிலும் மாறுபட்டது. முதலாவ தாக, இயக்கம் இல்லாத மின்னூட்டத்தின்மீது காந்தப்புலம் எந்த விளைவையும் உண்டாக்குவதில்லை. இரண்டாவதாக, நகர்ந்து

கொண்டிருக்கும் ஒரு மின்னூட்டத்தின்மீது காந்தப்புலம் உண்டாக்கும் விசை, மின்னூட்டத்தின் திசைவேகத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. இந்த விசையின் திசை, மின்னூட்டம் செல்லும் திசை காந்தப்புலத்தின் திசை ஆகிய இரண்டுக்கும் நேர்க்குத்தானது. காந்தப் புலத்தின் பாய அடர்த்தி (flux density) B அளவுகொண்ட காந்தப்புல விசைகோடுகளின் திசைக்கு θ கோணம் உள்ள திசையில், e மின்னூட்டம்கொண்ட எலெக்ட்ரான், v என்ற திசை வேகத்துடன் செல்லும்போது, எலெக்ட்ரான்மீது உண்டாகும் விசை,

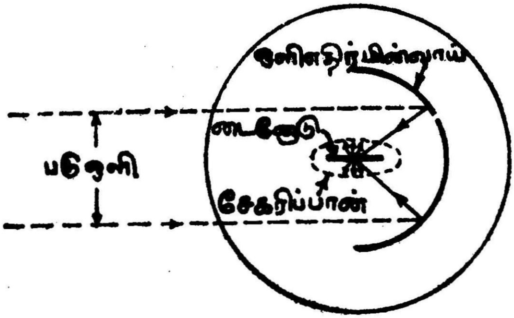
$$F = e B v \sin\theta$$

ஆகவே, எலெக்ட்ரான் காந்தப் புலத்தின் திசைக்கு நேர்க்குத்தாகச் செல்லுமானால், அதன்மேல் செயல்படும் விசை $e B v$ ஆகிறது. எலெக்ட்ரான் காந்தப் புலத்தின் திசைக்கு இணையாகச் செல்லும்போது, அதாவது θ-வின் அளவு 0 ஆகும் போது, அதன்மேல் செயல்படும் விசையும் 0 ஆகிறது.

நமது வலக் கையின் கட்டைவிரலும், ஆள்காட்டி விரலும் உள்ளங்கையின் தளத்தில் முறையே காந்தப்புலத்தின் திசையையும், எலெக்ட்ரான் செல்லும் திசையையும் சுட்டிக்காட்டுமானால் உள்ளங்கையின் தளத்திற்கு நேர்க்குத்தாக முன்புறம் வளைக்கப்பட்ட நடுவிரல் எலெக்ட்ரான்மேல் செயல்படும் விசையின் திசையைச் சுட்டிக்காட்டும். நேர் மின்னூட்டத்தின்மேல் காந்தப் புலம் உண்டாக்கும் விசையின் திசை, எலெக்ட்ரான்மேல் உண்டாக்கப்படும் விசையின் திசைக்கு எதிர்த்திசையாகும்.

காந்தப் புலத்தின் திசைக்கு நேர்க்குத்துக் கோணத்தில் செல்லும் எலெக்ட்ரானின் பாதை, ஒரு வட்டப் பாதையாக வளைக்கப்படுகிறது. இந்த வட்டத்தின் வளைவு ஆரம் R எலெக்ட்ரானின் திசைவேகத்திற்கு நேர் விகிதத்திலும் காந்தப் பாய அடர்த்திக்கு எதிர்விகிதத்திலும் உள்ளது. ஆனால், எலெக்ட்ரான் செல்லும் திசை காந்தப் புல விசைக் கோடுகளின் திசைக்கு நேர்க்குத்தாக இல்லாமல் அவற்றுடன் ஒரு கோணத்தை உண்டாக்குமானால், அதன் திசைவேகத்தை இரு கூறுகளாகப் பிரிக்கலாம். ஒன்று புலத்தின் திசையிலும் மற்றொன்று அதற்கு நேர்க்குத்துத் திசையிலும் அமையுமாறு பிரிக்கலாம். அப்போது எலெக்ட்ரானின் பாதை ஒரு திருகுசுழல் (helix) வட்டமாக அமைகிறது. இந்தத் திருகு சுழல் வட்டத்தின் ஆரம், காந்தப் புலத் திசைக்கு நேர்க்குத்தாக உள்ள எலெக்ட்ரான் திசைவேகக் கூறுக்கும் எலெக்ட்ரான் திசைவேகத்திற்கும் உள்ள விகிதத்தால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது.

ஆகவே, வலிமைமிக்க காந்தப் புலங்களில் எலெக்ட்ரான், காந்தவிசைக் கோடுகளைச் சார்ந்த திருகுசுழல் வட்டங்களில்



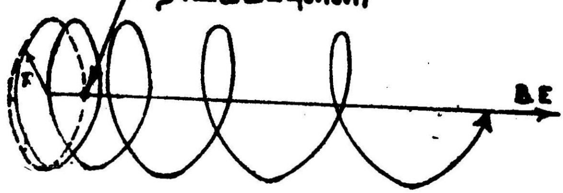
படம் 15. 3

சீரான காந்தப் புலத்தில் எலெக்ட்ரான் பாதை.

செல்கிறது. காந்தப்புல வலிமை அதிகரிக்கும்போது அதேவிகிதத்தில் திருகுசுழல் வட்டங்கள் நெருக்கம் பெறுகின்றன. இது படம் 15. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இருபுலங்களும் ஒரே சமயத்தில் செயல்படல்

இப்போது ஓர் எலெக்ட்ரான்மேல் ஒரு சீரான நிலைமின் புலம் E - யும், ஒரு சீரான காந்தப்புலம் B - யும் ஒரே சமயத்தில் செயல்படும்போது ஏற்படும் விளைவைப் பார்க்கலாம், இரு புலங்களும் ஒன்றற்கொன்று இணையாக இருந்தால், ஒவ்வொரு



படம் 15. 4

ஒரே திசையில் செயல்படும்

காந்த, மின் புலங்களினுள் எலெக்ட்ரான் பாதை.

புலமும் மற்றது இல்லாமலிருந்தால் எப்படி எலெக்ட்ரானைப் பாதிக்குமோ, அதே மாதிரித் தனித்தனியாகப் பாதிக்கின்றன. ஆகவே, எலெக்ட்ரானுக்கு உண்டாகும் பயனுறு இடப்பெயர்ச்சி,

திசைவேகம் ஆகியவற்றைக் காண, ஒவ்வொரு புலத்தினுலும் உண்டாகும் தனித்தனி அளவுகளை வெக்டார் விதிப்படி கூட்டிக் கொள்ளவேண்டும். ஒவ்வொரு புலத்தினுலும் உண்டாக்கப் படும் விலக்கம் (deflection) ஒன்றற்கொன்று நேர்க்குத்தானது. எலெக்ட்ரான் அமைதி நிலையிலிருந்து தொடங்கினுல் அதன் பாதை அதிகரிக்கும் அடுக்குக் கொண்ட ஒரு திருகு சுழல் வட்ட மாகும். இத்தகைய பாதையைப் படம் 15. 4- ல் காணலாம்.

மின்புலமும் காந்தப் புலமும் ஒன்றற்கொன்று நேர்க்குத்தாக இருந்தால், எலெக்ட்ரானின் திசைவேகம் இரு புலங்களின் திசைகளுக்கும் நேர்க்குத்தாக உள்ளது. இந்தத் திசை வேகத்திற்கு விலக்கம் ஏற்படுவதில்லை. இந்தத் திசைவேகத்தின் அளவு,

$$-eE + eBv = 0$$

$$eBv = eE$$

$$v = \frac{E}{B}$$

அல்லது

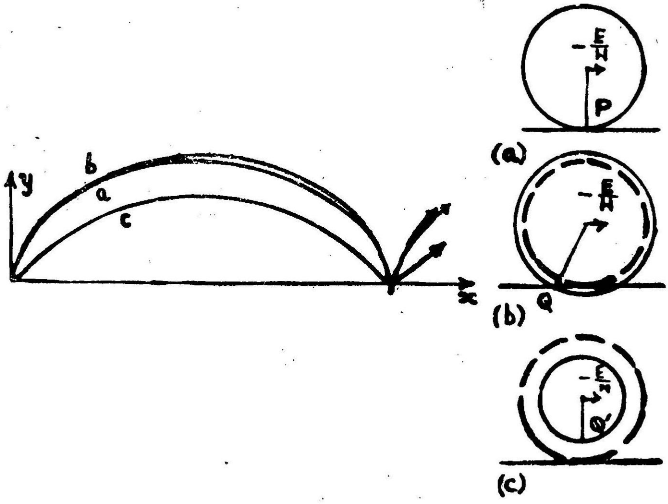
$$v = \frac{mE^2}{2eB^2}$$

$$v = 2{\cdot}84 + 10^{-12} \quad \frac{E^2}{B^2} \text{ வோல்ட்}$$

மற்ற எல்லா வகைகளிலும், எலெக்ட்ரானின் இயக்கம் சிக்கலானது. அமைதி நிலையிலிருந்து செல்லும் எலெக்ட் ரான் மின்புலம், காந்தப்புலம் இவற்றின் கூட்டுச் செயலால் ஒரு வட்டப்புள்ளி நெறிவளைவு (cycloidal) பாதையில் செலுத்தப் படுகிறது. இந்தப் பாதை, தொடக்கப் புள்ளி வழியாகவும் இரு புலங்களுக்கும் நேர்க்குத்தாகவும் செல்லும் தடத்தின் வழியாக உருளும் ஒரு வட்டச் சக்கரத்தின் விளிம்பில் உள்ள ஏதாவது ஒரு புள்ளி அமைக்கும் கோடாகும்.

அந்தச் சக்கரத்தின் திசைவேகம் விலக்கல் பெருத எலெக்ட் ரானின் வேகத்திற்குச் சமம். அஃதாவது $v = E/B$. மின்புலம் இல்லாதபோது காந்தப் புலத்தின் செயலால் மட்டும் அதன் திசைக்கு நேர்க்குத்தாக E/B அளவு திசை வேகத்துடன் செல் லும் எலெக்ட்ரான் எந்த வளைகோட்டில் செல்லுமோ, அந்த வளைகோட்டின் ஆரத்திற்குச் சக்கரத்தின் ஆரம் சமமாகும். காந்தப் புலத்திற்கு நேர்க்குத்தான எலெக்ட்ரானின் திசை வேகக் கூறு உருளும் சக்கர விளிம்பில் உள்ள புள்ளியை மேலும் கீழும் நகரச்செய்கிறது. இது சக்கரத்தின் ஆரத்தையோ திசைவேகத்தையோ மாற்றுவதில்லை.

காந்தப் புலத்தின் திசையிலுள்ள எலெக்ட்ரானின் திசை வேகக்கூறு, அந்தத் திசையில் எலெக்ட்ரானுக்குச் சீரான இடப் பெயர்ச்சியை உண்டாக்குகிறது. படம் 15. 5 ஒன்றற்கொன்று



படம் 15. 5

(*a*) நேர்க்குத்துப் புலங்களில் சுழித்தொடக்கத் திசைவேகத்தில் செல்லும் எலெக்ட்ரான் பாதை.

(*b*) y—திசையில் தொடக்கத் திசைவேகம் உள்ள எலெக்ட்ரான் பாதை.

(*c*) x—திசையில் தொடக்கத் திசைவேகம் உள்ள எலெக்ட்ரான் பாதை.

நேர்க்குத்தான ஒரே சமயத்தில் செயல்படும் மின்புலம், காந்தப் புலம் இவற்றில் வெவ்வேறு தொடக்கத் திசைவேகத்துடன் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் பாதைகளைக் காட்டுகிறது. *a* என்ற கோடு, ஒன்றற்கொன்று நேர்க்குத்தான சீரான புலங்களில், தொடக்கத்திசைவேகம் சுழியாக உள்ள எலெக்ட்ரானின் பாதை; *b* என்ற கோடு, *y* திசையில் தொடக்கத்திசைவேகம் கொண்டுள்ள எலெக்ட்ரானின் பாதை; *c* என்ற கோடு, *x* திசையில் தொடக்கத்திசைவேகம் கொண்டுள்ள எலெக்ட்ரானின் பாதை. *P*, *Q*, ϕ' என்ற புள்ளிகள் *a*, *b*, *c* கோடுகளைக் கொடுக்கும் எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்கநிலைகளைக் காட்டுகின்றன.

மின்னோட்ட — மின்னழுத்தத் தொடர்பு

ஓர் ஒளிக்குழாயை நன்கு பயன்படுத்த, ஒரே அளவு ஒளி படும்போது, வெவ்வேறு மின்னழுத்தங்களுக்கு அதனுள் மின்வாய்களுக்கிடையே நிகழும் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறு

பாடுகளைப்பற்றித் தெரிந்திருப்பது இன்றியமையாதது. ஓர் இலட்சிய ஒளிக்குழாயில் அதன் மின்வாய்களுக்கிடையே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு V_{min} கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டுப்படி இருந்தால் அதனுள் மின்னோட்டம் தொடங்குகிறது.

$$V_{min} = V_c - 12395 \left(\frac{1}{\lambda_{min}} - \frac{1}{\lambda_o} \right) \text{ வோல்ட்}.$$

இங்கு V_c என்பது நேர்மின்வாயைப் பொறுத்து எதிர்மின் வாய்க்கு அமையும் தொடர்பு மின்னழுத்த வேறுபாடு; λ_o என்பது ஒளி எதிர்மின்வாயின் பயன்தொடக்க நிலையின் அதி — அலை நீளம் ; λ_{min} என்பது ஒளிக்குழாயில் படும் ஒளியின் மிகக் குறைந்தஅலைநீளம்.

குழாயின் மின்னழுத்தம் V_{sat} என்ற அளவு வரை நேர்மின் வாயின் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது, குழாயின் மின்னோட்டமும் அதிகரிக்கிறது.

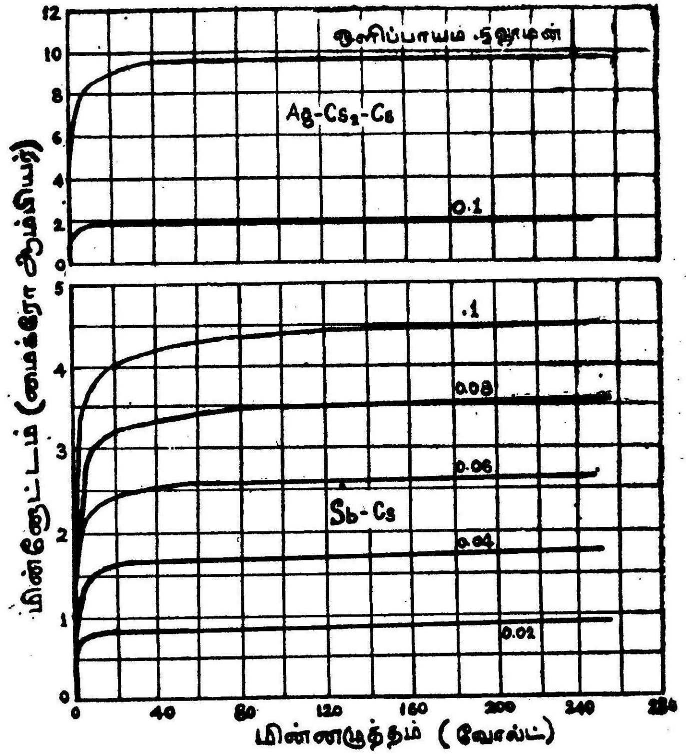
$$V_{sat} = V_c$$

இந்த நிலைக்கு அப்பால் குழாயின் மின்னோட்டம் மாருமல் இருக்கிறது. ஆகவே $\lambda_o = 6600$ A.U. $\lambda_{min} = 3700$ A.U. என்றிருக்கும்போது, குழாயின் மின்னோட்டம் சுழியிலிருந்து பெரும அளவு அடைய 1·5 வோல்ட் மின்னழுத்த அதிகரிப்புப் போதுமானதாக உள்ளது.

நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படும் ஒளிக்குழாய்களின் மின்னோட்ட — மின்னழுத்த வளைகோடுகள் படம் 15.6 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. வளைகோடுகளிலிருந்து 20 வோல்ட் அளவில் மின்னழுத்தம் மாறுபடும்போது மின்னோட்டத்தில் மிகுதியான மாறுபாடுகள் உள்ளன என்பது புலப்படுகிறது. மேலும், 100 வோல்ட் அளவு நேர்மின்வாய் மின்னழுத்தத்திற்கு மின்னோட்டத்தின் அளவு பெரிதும் மாறுகிறது. இதற்கு இரு காரணங்கள் உள்ளன.

முதலாவதாக, சிக்கலான பரப்புகளிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் அளவு, கொடுக்கப்பட்ட மின்புலத்தைப்பொறுத்து இருக்கலாம். இந்த ஸ்காட்கி விளைவு (Schotky effect) தூய உலோகப் பரப்புகளையும், ஆக்சிஜன் ஏற்றம் பெற்ற பரப்புடன் கட்டுண்ட மெல்லிய கார உலோகப் பரப்புகளையும்கொண்ட ஒளிக்குழாயில் கொடுக்கும் மின்புலத்தில் மிகக் குறைவாக உள்ளது. ஆனல், தடிப்பான வெள்ளி-

சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் பரப்புகளுக்கும், சீசியம் கலந்த கலப்பு உலோகங்களின் குறைகடத்தல் பெற்ற ஏடுகளுக்கும் இந்த விளைவு அதிகமாக இருக்கலாம்.

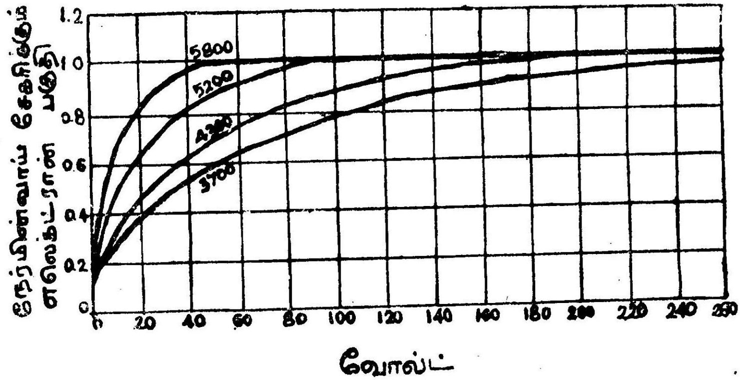


படம் 15. 6

நடைமுறைக் குழாய்களின்
மின்னோட்ட — மின்னழுத்த வளைகோடுகள்.

இரண்டாவதாகப் பல ஒளிக்குழாய்களில், எதிர்மின்வாயின் மேல்படும் ஒளிக்கு ஏற்படும் தடையைக் குறைப்பதற்காக நேர்மின் வாய் சிறியதாகச் செய்யப்பட்டுள்ளதால், குறிப்பிட்ட அளவு எலெக்ட்ரான்கள் நேர்மின் வாயைத் தாக்காமலேயே மறுபடியும் எதிர்மின்வாய்க்குத் திரும்பலாம். இப்படித் திரும்பும் எலெக்ட்ரான்களின் அளவு சிறு மின்னழுத்தங்களுக்கு அதிகமாகவும் அதிகமான மின்னழுத்தங்களுக்குச் சுழியாகவுங்கூட இருக்கலாம்.

கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தின் காரணமாக எலெக்ட்ரான் வெளிப்படுதல் பாதிக்காதபோது, கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்து நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் எவ்வாறு மாறுபடுகிறது என்பதைப் படம் 15.7 காட்டுகிறது. இவை



படம் 15. 7

உருளை எதிர்மின்வாயும் கம்பி நேர்மின்வாயும் கொண்ட ஒளிக்குழாயின் மின்னோட்ட — மின்னழுத்த வளைகோடுகள்

கணக்கீட்டின்படி பெறப்பட்ட வளைகோடுகள். ஒவ்வொரு வளைகோடும் ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீளம் கொண்ட ஒற்றை நிற ஒளியைச் சார்ந்தது. கணக்கீட்டுக்கு எடுத்துக்கொண்ட மாதிரி ஒளிக்குழாய் ஓர் அங்குல விட்டமுடைய உருளை வடிவ எதிர்மின் வாயையும், அதன் அச்சில் பொருத்தப்பட்ட 1/16 அங்குலத் தடிப்புள்ள ஒரு கம்பி நேர்மின்வாயையும் கொண்டது.

கணக்கீட்டிற்கு எதிர்மின்வாயின் பயன்தொடக்க நிலையின் அதி - அலைநீளம் $\lambda_0 = 6600$ A. U. என்றும், ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் பகிர்வு 0 எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டில் 0 - வாக இருந்து 12395 $(1/\lambda - 1/\lambda_0)$ எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டில் பெரும அளவுக்கு நேர்விகிதத்தில் அதிகரிப்பதாகவும் எடுத்துக் கொள்ளப்பட்டது. இதன் ஒளி எலெக்ட்ரான்களில் ஆற்றல் பகிர்வு வளைகோடு, படம் 15. 2 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள ஆற்றல் பகிர்வை ஒத்திருக்கிறது.

வழக்கிலுள்ள ஒளிக்குழாய்களின் மின்னோட்ட - மின்னழுத்தப் பண்பியல் வளைகோடுகளுக்கும், இலட்சிய ஒளிக்குழாய்களின் பண்பியல் வளைகோடுகளுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டின் காரணம் அவற்றின் உருவ அமைப்புகளே. இதனைப் படம் 15. 7 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள கணக்கீட்டு வளைகோடுகளும், படம்

15. 6 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள பரிசோதனை வளைகோடுகளும் உறுதிப்படுத்துகின்றன. கிளர்ச்சியூட்டும் ஒளியின் அலைநீளம் குறையக் குறைய, வளைகோடுகளின் ஏற்றம் (ascent) குறைகிறது. ஒளியின் அலைநீளத்தைக் குறைக்கும்போது, ஒளி எலெக்ட்ரான் களின் தொடக்கத் திசைவேகங்களின் விரிவெல்லை (spread) அதி கரிப்பதே இதன் காரணம். இது பரிசோதனைப்படியும் காணப் படுகிறது.

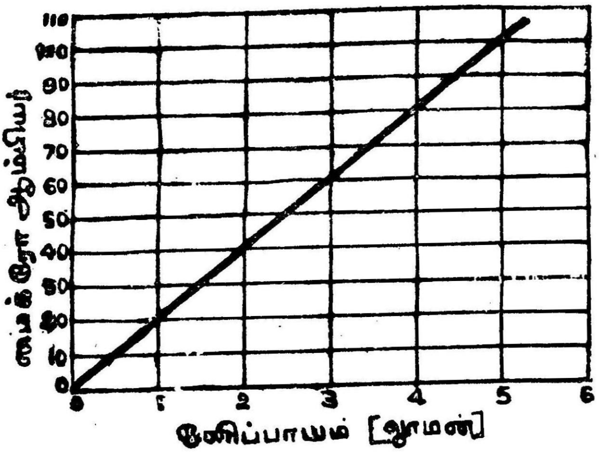
வழக்கிலுள்ள பெரும்பாலான ஒளிக்குழாய்களில், எதிர்மின் வாய் உருளை வடிவமுள்ளது. எதிர்மின்வாயின்மேல் விழும் ஒளி ஊடுருவி வரும் குழாயின் உறையின் மின்னழுத்தம், எதிர் மின்வாயின் மின்னழுத்தத்திற்கு நெருங்கிய அளவையோ அல்லது நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்தத்திற்கு நெருங்கிய அளவையோ பெறலாம். நேர்மின்வாய் சிறியதாக இருந்தால், குழாயின் சுவர் எதிர்மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தைப் பெறு கிறது. அப்போது உண்டாகும் ஆற்றல் பகிர்வு படம் 15. 7 - ன் வளைகோடுகளை ஒத்துள்ளது. மாறாக உறைக்கண்ணாடியின் இரண்டாம்நிலை வெளியீடு எண் அதிகமாக இருந்தால், அதனால் அது நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்தத்தைப் பெறலாம். அப்போது சுவரில் மோதும் ஒவ்வோர் ஒளி எலெக்ட்ரானுக்கும் ஓர் எலெக்ட்ரான் நேர்மின்வாயை அடையவேண்டும். இந் நிலையில் நேர்மின்வாய் மின்னோட்டம் ஏறக்குறையத் தெவிட்டிய நிலையை அடைகிறது. அஃதாவது கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தம் சில வோல்ட்டுகளாக இருந்தாலும், முழு வெளிப்படு ஒளிமின் னோட்டத்தைக் கொடுக்கிறது. உண்மையில், முதலில் கூறப்பட்ட விளைவு குறைந்த மின்னழுத்தங்களிலும், இரண்டாவதாகக் கூறப் பட்ட விளைவு அதிக மின்னழுத்தங்களிலும் உண்டாகிறது.

மின்னோட்ட - ஒளிப்பாயத் தொடர்புகள்

இலட்சிய ஒளிக்குழாய்களில் ஒளியால் பெறும் எலெக்ட் ரான்களின் எண்ணிக்கை, ஒளி எதிர்மின்வாய் பெறும் ஒளிப் பாயத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் இருக்கும். இந்த நேர்விகிதத் தொடர்பு, தடிப்பான அடுக்குக்கொண்ட ஒளி எதிர்மின்வாயுள்ள ஒளிக்குழாய்களில் உண்டாகும் ஒளிமின் சோர்வினால் (photo electric fatigue) பாதிக்கப்படுகிறது. உலோகத்தில் உறிஞ்சப் பட்ட அயனித்த அணுக்களுக்குத் தாமதமாக எலெக்ட்ரான்கள் கொடுக்கப்படுவதால், இந்த ஒளிமின் சோர்வு உண்டாகிறது. உறிஞ்சப்பட்ட அயனிகளின் மின்னூட்டம் ஈடுபடுத்தப்படா விட்டால் (neutralise) ஒளியூட்டம் பெறும் அணுக்களின் எண் ணிக்கை குறைகிறது. அதனால் மீதமுள்ள உறிஞ்சப்பட்ட

அணுக்களை அயனியாக்கம் பெறச்செய்யத் தேவைப்படும் குவான்டத்தின் மதிப்பு அதிகரிக்கிறது, ஆகவே, பரப்பு நீண்ட நேரத்திற்கு ஒளிபடும்படி வைக்கப்பட்டால் உண்டாகும் ஒளிமின் விளைவு குறைகிறது. இதுவே 'ஒளிமின் சோர்வு' எனக் கூறப்படுகிறது.

மிக்க குறைவான ஒளிமின் சோர்வு இருக்கும்படி, இக் காலத்திய ஒளிக்குழாயின் உணர்வு நுட்பப் பரப்புகள் அமைக்கப்படுகின்றன. அப்படி அமைக்கப்பட்ட ஒளிக்குழாய் ஒன்றில் கிடைக்கும் மின்னோட்ட-ஒளிப்பாய வரைபடம் நேர்க்கோடாக இருக்கிறது. இதனைப் படம் 15. 8 காட்டுகிறது. இதில் ஒளிப்பாய அளவு 0-விலிருந்து 5 லூமன் அல்லது 6000 லக்ஸ் வரை உள்ளது. ஒளிப் பாயத்தின் உயர் எல்லை, ஒளிமின் சோர்வையும் செறிவுள்ள ஒளிவிளக்கத்தால் உணர்வு நுட்பப் பரப்புச் சிதைவுறும் தன்மையையும் பொறுத்து அமைகிறது.



படம் 15. 8
வெற்றிட ($Ag - Cs_2O - Cs$) ஒளிக்குழாயில்
மின்னோட்ட - ஒளிப்பாயத் தொடர்பு.

இயக்க நிலைப் பண்பியல் கோடுகள்

படும் ஒளியில் ஏற்படும் மாறுதல்களுக்கு வெற்றிட ஒளிக் குழாயில் எதிர்ச்செயல்கள் மிக விரைவாக உண்டாகின்றன. இஃது இரண்டு சூழ்நிலைகளால் உண்டாகிறது. முதலாவதாக, ஒளிபடுவதும் ஒளிஎலெக்ட்ரான் வெளிப்படுவதும் உடனடியாக நிகழ்கின்றன. இந்த இடைக்கால நேரம், அளக்க முடியாத

அளவுக்கு மிகமிகச் சிறியது. இரண்டாவதாக, எலெக்ட்ரான் எதிர்மின்வாயிலிருந்து நேர்மின்வாயை அடைய எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம் மிகச் சிறியது. மற்ற எந்த ஒரு மின் துகளின் மின்னூட்டத்திற்கும் நிறைக்கும் உள்ள விகிதத்தைவிட எலெக்ட்ரானின் அந்த விகிதம் பெரியதாக இருப்பதுதான் இதற்குக் காரணம்.

ஆகவே, வலிமை மிகக் குன்றிய மின்புலமும்கூட எலெக்ட்ரானுக்கு மிக அதிகமான முடுக்கத்தைக் கொடுக்கிறது. இரண்டு தட்டையான மின்வாய்களுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவு **d** ஆகவும், அவற்றிற்கிடையில் உள்ள மின்னழுத்தம் **V** வோல்ட்களாகவும் இருக்குமானால், அவற்றிற்கிடையில் உள்ள தொலைவைக் கடக்க எலெக்ட்ரான் எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம்,

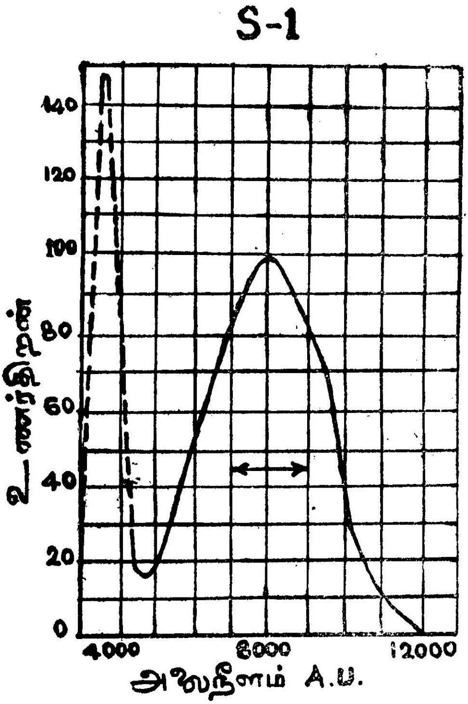
$$T = 2d \left(\frac{2\ eV}{m}\right)^{-\frac{1}{2}}$$

ஓர் அமைப்பில் $d = 1$ செ.மீ.; $V = 100$ வோல்ட்; $e/m = 1{\cdot}758 \times 10''$ கூலும்/கி.கி. என்று இருக்குமானால் இடைவெளியை எலெக்ட்ரான் கடக்கும் நேரம் $3{\cdot}4 \times 10^{-9}$ செகண்டு ஆகிறது.

உருளை வடிவ எதிர்மின்வாயும், கம்பி வடிவ நேர்மின்வாயும் கொண்ட ஒளிக்குழாயில் இடைத்தொலைவை எலெக்ட்ரான் கடக்கும் நேரம் அதிகமாகிறது. ஏனெனில், இங்கு எலெக்ட்ரான் பாதையின் தொடக்கப் பகுதியில், முடுக்கத்தை உண்டாக்கும் மின்புலம் வலிமையற்றதாக உள்ளது. ஆகவே, எதிர்மின்வாய்த் தகட்டின் ஆரம் $r_1 = 1$ செ.மீ. என்றும், எதிர்மின்வாய் ஆரம் (r_1) நேர்மின்வாய் ஆரம் (r_2) ஆகியவற்றின் விகிதம் 10 என்றும் உள்ள ஒளிக்குழாயில், $V = 100$ வோல்ட் இருக்குமானால், $T = 6{\cdot}4 \times 10^{-9}$ செகண்டு ஆகிறது. ஆகவே, தகுந்த புறமின்சுற்று இணைப்புகளைக் கொண்டு, படும் ஒளிப்பாயத்திற்கு ஒரு செகண்டின் மில்லியனில் ஒரு பகுதி நேரத்தில் ஏற்படும் ஏற்ற இறக்கங்களை நம்பிக்கையுடன் வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களின் ஒளிமின்னோட்டத்தில் உண்டாக்கமுடியும் எனத் தெரிகிறது. இந்தத் தன்மை காரணமாக, வெற்றிட ஒளிக்குழாய்கள் தொலைக்காட்சி போன்ற துறைகளில் முக்கியமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

படும் ஒளிச் சைகையின் அதிர்வெண் மாறுபடும்போது ஒளிக்குழாயின் மின்னோட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுபாடுதான் ஒளிக்குழாயின் இயக்கநிலைப் பண்பியல் கோடுகள் (dynamic characteristics) எனப்படுகிறது. இதற்குப் பதிலாக, படும் ஒளி விளக்கத்தை மாறாததாக வைத்து, ஒரு மாறுதிசை மின்னழுத்

தத்தை ஒளிக்குழாய்க்குக் கொடுத்தால், ஒரு திசை மின்னேட்டத் துடிப்புகளைக் கொடுக்கும் ஒரு திருத்தி (rectifier) போல ஒளிக்குழாய் இயங்குகிறது. இதே சமயத்தில், ஒளிச் செறிவில் ஏற்ற இறக்கங்களை உண்டாக்கினல், அது துடிப்பின் அலைவீச்சுப் பண்பேற்றத்தை (amplitude modulation) கொடுக்கிறது. ஒளிக் குழாய்க்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தின் அதிர்வெண் 50,000 சைக்கிள்/செகண்டுக்கு அதிகமானல், அலைப் பண்பேற்றமடைந்த ஒளிமின்னேட்டத்துடன் ஒளிக்குழாயினுள் உண்டாகும் தேக்கு மின்னேட்டமும் (capacitative current) சேருகிறது.



படம் 15. 9

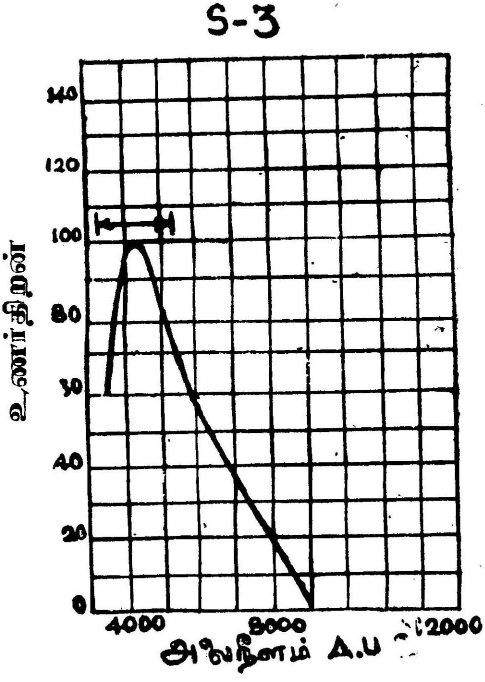
சுண்ணம்புக் கண்ணடி உறையினுள்

$Ag — Cs_2O — Cs$ பரப்பின் உணர்திறன்.

உணர்வு நுட்பப் படித்தரங்கள்

ஒளிக்குழாய்களின் நிறமாலை — ஒளிமின் பலன் வளைகோடுகளை அடிப்படையாகக் கொண்டு, வழக்கிலுள்ள வணிக ஒளிக்

குழாய்கள் அங்கீகரிக்கப்பட்ட குழுக்களால் தரப்படுத்தப்பட்டுள்ளன (standardised). உணர்திறன் பரப்புகளை அவற்றின் பண்பியல் வளைகோடுகளின் அடிப்படையில் *S*-1, *S*-3, *S*-4, *S*-5, *S*-6, *S*-8 என்று வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளன. வெள்ளி-சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் பரப்புச் சுண்ணம்புக் கண்ணடியினுள் வைக்கப்படும்போது கிடைக்கும் நிறமாலை — ஒளிமின்பலன் வளை கோட்டைப் படம் 15. 9 காட்டுகிறது. இது புறச்சிவப்பில் மிக்க உணர்திறன் பெற்றது. இந்தப் பரப்பு *S*-1 என்று வகைப்படுத்தப்பட்டுள்ளது.

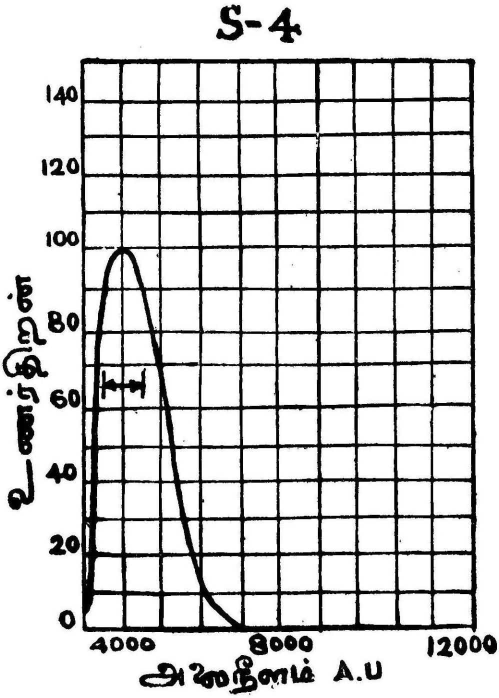


படம் 15. 10

சுண்ணம்புக் கண்ணடி உறையினுள்
Ag — Ru_2O — Ru பரப்பின் உணர்திறன்.

பரப்பு *S*-3-ன் வளைகோடு படம் 15. 10-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது வெள்ளி - ருபீடியம் ஆக்சைடு - ருபீடியம் பரப்பு ஆகும். இது சுண்ணம்புக் கண்ணடியினுள் உள்ளபோது, 4200 A. U. ஒளியில் பெரும அளவு உணர்வு நுட்பம் பெற்றுள்ளது.

இக்குழாய் கட்புலனாகும் ஒளி எல்லை முழுவதும் மனிதக் கண்ணைப் போலவே உயர்ந்த உயர்வு நுட்பம் பெற்றது. படம் 15. 11, சுண்ணம்புக் கண்ணாடியினுள் உள்ள ஆன்டிமனி - சீசியம் பரப்



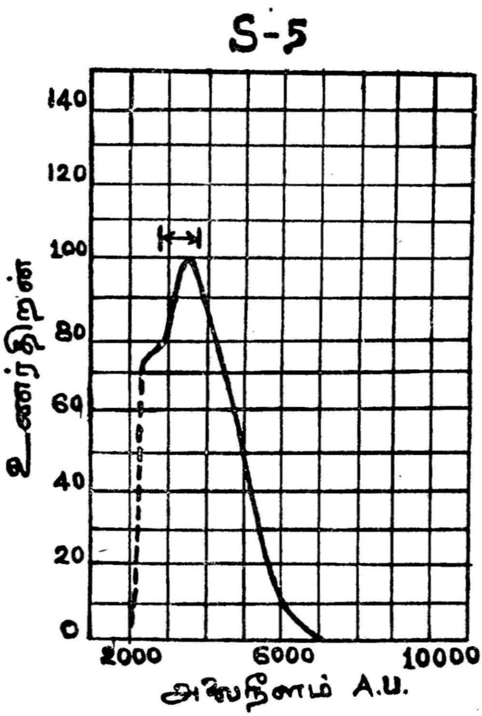
படம் 15. 11

சுண்ணம்புக் கண்ணாடி உறையினுள்
Sb — Cs பரப்பின் உணர்திறன்.

பான S - 4 - ன் நிறமாலை – ஒளிமின்பலன் வளைகோட்டைக் காட்டுகிறது. இதன் அதிக அளவு உணர்திறன் நீலநிற ஒளியில் உள்ளது. இதே பரப்பு புற ஊதா ஒளிபுகும் கண்ணாடி உறையைப் பெற்றால் அது S - 5 எனப்படுகிறது. அதன் வளைகோடு படம் 15. 12 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதன் உயர் உணர்திறன் பாதரச இயைவுக் கோடான 2537 A. U. - ல் அமைகிறது. S - 6 - ன் பண்பியல் வளைகோட்டைப் படம் 15. 13 காட்டுகிறது. இது சோடியம் பரப்பாகும். இது புற ஊதா ஒளியில் உணர்வுநுட்பம் உடையது. படம் 15.14 பிஸ்மத் — சீசியம் பரப்பின் நிறமாலை — ஒளிமின் பலன் வளைகோட்டைக் காட்டுகிறது. இந்தப் பரப்பு S - 8

என்று வகைப்படுத்தப் பட்டுள்ளது. இதன் ஒளிமின் பலன் அதி — அலைநீளப் பக்கம் உள்ளது. இதன் உணர்வுநுட்பம், ஆன்டிமனி - சீசியம் பரப்பைவிட, அதி — அலைநீளத்தில் அதிக மானது.

மேலே கூறப்பட்ட ஒளிக்குழாய்களின் உணர்வுநுட்பம் முற் காலத்துக் குழாய்களினுடையதைவிட அதிகமானதால், இவையே

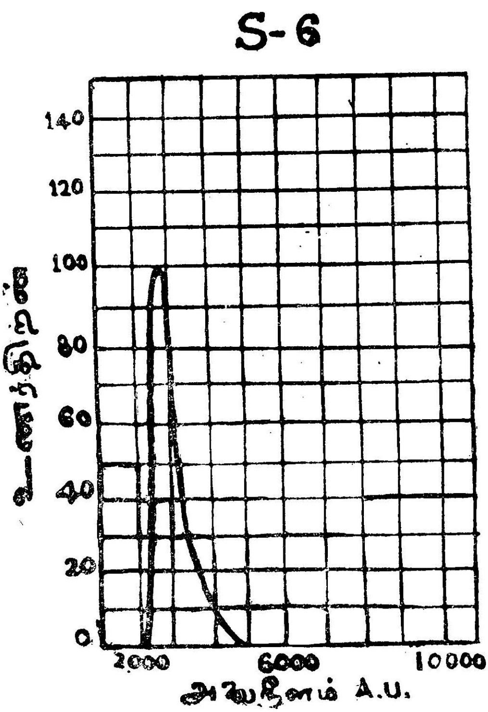


படம் 15. 12

புற ஊதா புகும் உறையினுள் Sb — Cs பரப்பின் உணர்திறன்.

பெரிதும் பழக்கத்தில் உள்ளன. படம் 11.2 - ல் விளக்கப்பட்ட பொட்டாசியம் ஹைட்ரைடு ஒளிக்குழாய்களையும், அவற்றைவிட நுட்பமான சீசியம் — மெக்னீசியம் குழாய்களையும் இவை நீக்கி விட்டன. படம் 15. 15 சீசியம் — மெக்னீசியம் பரப்பின் நிறமாலை - ஒளிமின்பலன் வளைகோட்டைக் காட்டுகிறது. இந்த வளைகோடும்

S - 4 பரப்பின் வளைகோடும் மிகவும் ஒத்துள்ளன. இந்த வளைகோடுகள், வெவ்வேறு அலைநீளங்களைச் சார்ந்த ஒளிக்குழாய்



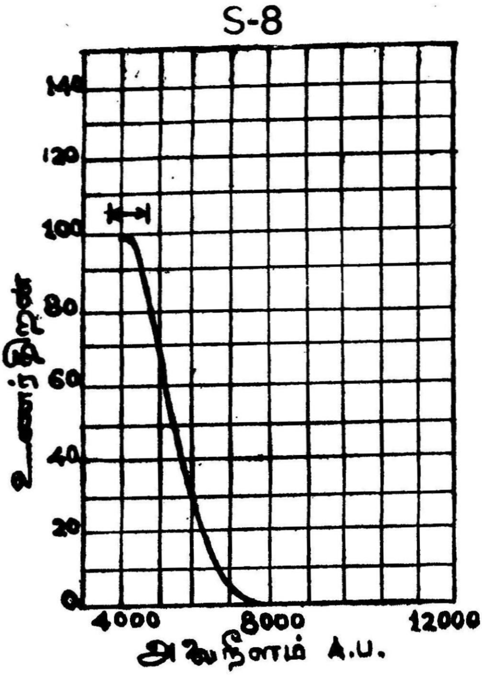
படம் 15. 13

சோடியம் பரப்பின் உணர்திறன்.

களின் உணர்வு நுட்பங்களைத்தான் புலப்படுத்துகின்றன. ஒளிக்குழாயின் தனித்த நுட்பங்கள், 2870° K வெப்பநிலையில் ஒளிரும் வெண்சுடர் டங்க்ஸ்டன் விளக்கின் ஒளியில், ஒரு லூமனுக்கு இவ்வளவு மைக்ரோ ஆம்ப்பியர் என்று கூறப்படுகிறது. இந்த அடிப்படையில் சீசியம் — மெக்னீசியம் குழாயின் நுட்பம் 2 மைக்ரோ ஆம்ப்பியர்/லூமன். பொட்டாசியம் ஹைட்ரைடு குழாயின் நுட்பம் 0.2 மைக்ரோ ஆம்ப்பியர்/லூமன்.

வழக்கத்தில் உள்ள ஒளிக்குழாய்களின் தோற்றப் படம் 15. 16 - ல் அளவுத் திட்டப்படி காட்டப்பட்டுள்ளது. இவற்றில் ஆறுவது குழாயைத் தவிர மற்றவை யாவும் அரை — உருளை

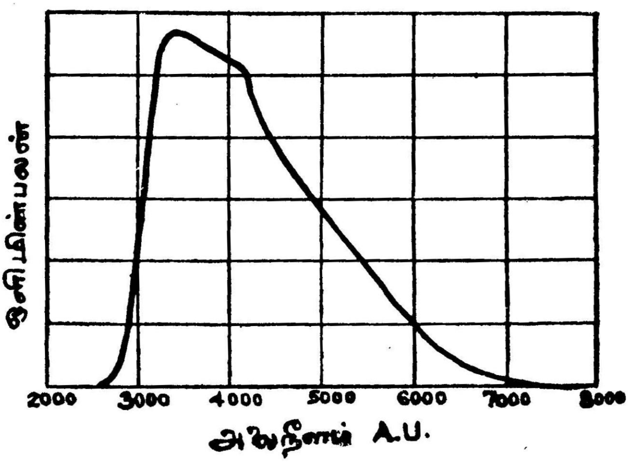
வடிவ எதிர்மின் வாயைப் பெற்றிருக்கின்றன. இரண்டாவது குழாயைத் தவிர மற்றவை யாவும் தண்டுபோன்ற நேர்மின்



படம் 15. 14

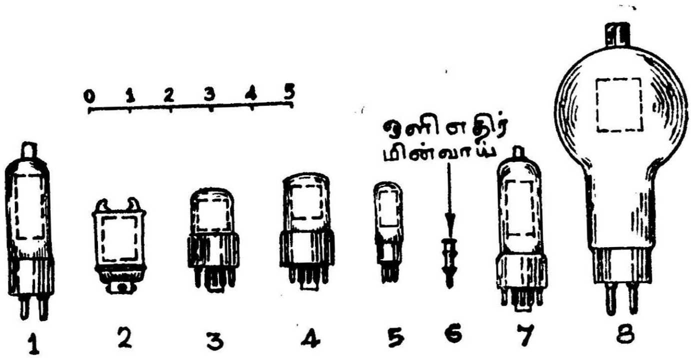
பிஸ்மத் - சீசியம் பரப்பின் உணர்திறன்.

வாயைப் பெற்றுள்ளன. இரண்டாவது குழாய்க்கு மின்வாய் களின் இணைப்பு கண்ணடி உறையின் எதிர்ப்புறங்களில் உள்ள தால், அதன் கசிவுப்பாதை நீளமாக உள்ளது. RCA வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களின் பண்புகள் 172ஆம் பக்கத்தில் உள்ள அட்ட வணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. அட்டவணையிலிருந்து சில வகை வெற்றி ஒளிக்குழாய்களின் எதிர் மின்வாய்ப் பரப்பு, உணர்வு நுட்பம், மின்னமுத்தம், மின்தேக்குதிறன் போன்ற தகவல் களைத் தெரிந்துகொள்ளலாம். இத்தகைய வெற்றிட ஒளிக்குழாய் களைப் பயன்படுத்துபவர்களுக்கு இத் தகவல்கள் உதவும்,



படம் 15. 15

சீசியம் மெக்னீசியம் ஒளிக்குழாயின் ஒளிமின்பலன்.



படம் 15. 16

நடைமுறை ஒளிக்குழாய்களின் தோற்றம்.

கட்புலனாகும் ஒளிக்கான RCA ஒளிக்குழாய்களின் விவரங்கள்

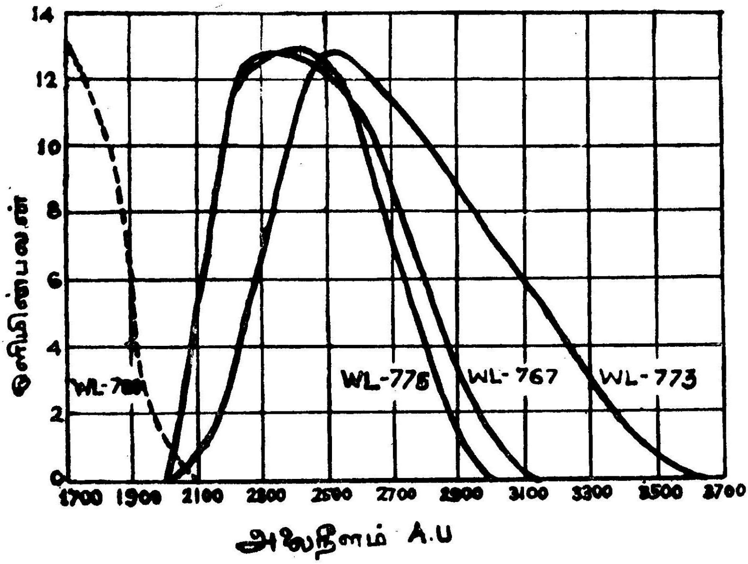
வகை	எதிர்மின்வாய்		தோற்றம்	உணர்வு நுட்பம்		பெரும மின்னோட்ட அடர்த்தி		பெரும மின் - னழுத்தம் வோல்ட்ஸ்	மின்வாயிடைத் தேக்கு திறன் μμf
	பரப்பின் வகை	பரப்பு அளவு ச. அங்.		பெரும அளவு பலன் μa/μ watt	2870°K மூலம் μa/லூமன்	பெரும அளவு μa/ச. அங்.	சராசரி μa		
917, 919	S – 1	1	1	0·002	20	100	10	500	2
922	S – 1	0·4	2	0·002	20	100	5	500	0·5
925	S – 1	0·4	3	0·0015	15	100	5	250	1·5
926	S – 3	0·4	2	0·0016	6·5	100	5	500	0·5
929, 1p39	S – 4	0·5	4	0·042	45	100	5	250	2·6
934	S – 4	0·3	5	0·028	30	100	4	250	1·5
1p42	S – 4	0·03	6	0·02	25	100	0·4	150	1·7

இதேபோன்று வழக்கத்திலுள்ள புறஊதாக் கதிர்களுக்காகப் பயன்படும் வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களின் பண்புகள் கீழே உள்ள அட்டவணையில் தரப்பட்டுள்ளன. இதில் RCA 935 ஒளிக்குழாயினால் 75°C வெப்ப நிலையைத் தாங்கமுடியும். ஆனால், மற்ற ஒளிக்குழாய்களால் 50°C வெப்ப நிலையைத்தான் தாங்க முடியும்.

புறஊதாவுக்கான ஒளிக்குழாய்களின் விவரங்கள்

வகை	எதிர்மின்வாய்		தோற்றம்	நிறமாலை எல்லை A. U.	பெரும மின்னழுத்தம் வோல்டில்	மின்வாயிடைக் கொள்திறன் $\mu\mu f$
	பரப்பு வகை	பரப்பு அளவு				
RCA 935	*S*-5	0·8	7	2300 - 7000	250	0·6
FJ 405	*S*-6	0·8	8	2300 - 4600	200	5·0
WL 767	*Zr*	1·3	9	2000 - 3150	500	0·35
WL 773	*Th*	1·3	9	2000 - 3675	500	0·35
WL 775	*Ta*	1·3	9	2000 - 3000	500	0·35
WL 789	*Pt*			2100	500	0·35

மேற்கூறிய அட்டவணையிலுள்ள சில ஒளிக்குழாய்கள் நல்ல உணர்வுநுட்பம் உடையவை. அவற்றின் நிறமாலை — ஒளிமின் பலன் வளைகோடுகள் படம் 15. 17 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 15. 17

நடைமுறைக் குழாய்களின்
நிறமாலை - ஒளிமின்பலன் வளைகோடுகள்.

16. வாயு ஒளிமின்கலம்

ஒளிக்குழாய்களின் உணர்வு நுட்பத்தை அதிகரிக்க, அவற்றினுள் குறைந்த அழுத்தத்திலுள்ள செயலிலா வாயுக்களைச் செலுத்துவது ஓர் எளிய முறையாகும். இதனால் உண்டாகும் ஒளிமின்னோட்டத்தின் அளவு, வாயு இல்லாத குழாயினுடையதைப் போலப் பத்துமடங்கு அதிகமாகும். ஆனால், குழாயினுள் வாயு இருப்பது, ஒளிக்குழாயின் பண்புகளை அது செயல்படும் விதத்தில் மாற்றிவிடுவதால், அதனைப் பற்றித் தெரிந்துகொள்வது இன்றியமையாதது.

வாயுக்களின் இயக்கக் கொள்கை

உண்மை வாயுக்களின் மூலக்கூறுகள், ஒவ்வோர் உரிமைப் படிகளுக்கும் (degrees of freedom) $kT/2$ ஆற்றல் உள்ளவை என வைத்துக் கொண்டு,

$$pv = RT$$

என்ற வாயுநிலைச் சமன்பாட்டைப் பெறலாம். வாயுக்களின் இயக்கக் கொள்கையின் அடிப்படையில், ஓரலகு பரும அளவு வாயுவில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை, வாயுவின் அழுத்தத்தையும் வெப்ப நிலையையும் பொறுத்தது என்று தெரிகிறது. அஃதாவது,

$$n = \frac{p}{kT}$$

இவற்றில் p என்பது வாயுவின் அழுத்தம்; v அதன் பரும அளவு; T அதன் வெப்பநிலை (கெல்வின் அளவுத் திட்டத்தில்); R என்பது பொது வாயு மாறிலி. $R = N_0 k$; இதில் N_0 என்பது அவெகேட்ரோ எண் $6 \cdot 0 \times 10^{26}$ கி. கி./மூலக்கூறு; k என்பது போல்ட்ஸ்மென் மாறிலி.

ஆகவே ஓரலகு பரும அளவில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கை வாயுவின் அழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்திலும், அதன் சார்பிலா வெப்ப நிலைக்கு (absolute temperature) எதிர் விகிதத்திலும் உள்ளது. வாயுவின் மூலக் கூறுகளின் ஆரம் r என்றும், அவற்றின் சராசரி மோதலிடைத் தொலைவு (mean free path) λ என்றும், நமது கணக்கிடுதலுக்கு எடுத்துக் கொண்ட மூலக்கூறு தவிர, மற்றவை நிலையாக உள்ளதாக வைத்துக்கொண்டால், சராசரி மோதலிடைத் தொலைவு,

$$\lambda = \frac{1}{4 \pi n r^2}$$

என்று கிடைக்கிறது. ஆனால், எல்லா மூலக்கூறுகளின் இயக்கங்களையும் எடுத்துக் கொண்டால்,

$$\lambda = \frac{1}{4 \sqrt{2} \pi n r^2}$$

என்ற சமன்பாடு கிடைக்கிறது. ஆனால், எல்லா எலெக்ட்ரான்களுக்கும் அவற்றின் திசைவேகம் அதிகமாகவும், பரிமாண அளவுகள் மிகச் சிறியவையாகவும் இருப்பதால் எடுத்துக்கொண்ட எலெக்ட்ரான் தவிர மற்றவற்றின் இயக்கம் கருதப்படாமல் எலெக்ட்ரான்களின் சராசரி மோதலிடைத் தொலைவு λe எனக் கணக்கிடப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான் பாதையின் ஆரம், மூலக் கூறின் ஆரமான r ஆக வைக்கப்பட்டால்

$$\lambda e = \frac{1}{\pi n r^2}$$

சில மூலக் கூறுகளின் செயலுறு ஆரம் கீழ்க்காணும் அட்டவணையில் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது :

வாயு	ஆரம், A U.	வாயு	ஆரம், A.U.
ஹைட்ரஜன்	1·37	ஆர்கான்	1·82
நைட்ரஜன்	1·88	செனன்	1·88
ஆக்சிஜன்	1·8	நீராவி	2·3
ஹீலியம்	1·09	கார்பன்டை ஆக்சைடு	2·3
நியான்	1·3	காற்று	1·86

10^{-6} மி. மீ. பாதரச அழுத்தமுள்ள வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களில் மூலக்கூறுகளின் சராசரி மோதலிடைத் தொலைவு 70 மீட்டராகவும், எலெக்ட்ரான்களின் சராசரி மோதலிடைத் தொலைவு 400 மீட்டராகவும் உள்ளது. உயர் வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களின் பண்புகள், அவற்றில் வாயு மூலக்கூறுகள் இல்லாததால் ஏற்படுவதன்று. மேலே கூறிய வெற்றிடக் குழாயில் 1 கன மீட்டர் பரும அளவில் 3×10^{16} மூலக்கூறுகள் உள்ளன. ஆனால், பண்புகளுக்குக் காரணம், மின்வாய்களுக்கிடையே இயங்கும் எலெக்ட்ரான்களுக்கும் அயனிகளுக்கும் 10,000 - க்கு 1 என்ற அளவில் மிக அரிதாகவே மோதல்கள் நிகழ்கின்றன.

வாயுக்களில் அயனியாக்கம்

ஓர் எலெக்ட்ரானுக்கு வேண்டிய அளவு இயக்க ஆற்றல் இருக்குமானால், அஃது ஒரு வாயுவின் மூலக்கூறுடன் மோதும் போது அதன் அணு எலெக்ட்ரான் ஒன்றை வெளியேற்றுகிறது. இது நிகழ்வதற்கு, மூலக் கூறின் அயனியாக்க மின்னழுத்தத்திற்கு, எலெக்ட்ரான் முடுக்கம் ஏற்றப்பட்டிருக்க வேண்டும்.

ஆர்கான் உள்ள ஒளிக்குழாய் 15 வோல்ட்டுக்கு அதிகமான மின்னழுத்தத்தில் செயல்பட்டால்தான் அதில் அயனியாக்கம் நிகழ முடியும். கீழே உள்ள அட்டவணை சில வாயுக்களின் அயனியாக்க மின்னழுத்தத்தைக் காட்டுகிறது :

வாயு	அயனியாக்க மின்னழுத்தம் (வோல்ட்)
ஹைட்ரஜன்	15·43
ஹீலியம்	24·47
நியான்	21·47
ஆர்கான்	15·69
கிரிப்டான்	13·94
நைட்ரஜன்	15·58
ஆக்சிஜன்	15·5

ஓர் ஒளிக்குழாய் ஆர்கானின் அயனியாக்க மின்னழுத்தத்தை விட 100 வோல்ட் அதிக மின்னழுத்தத்தில் வேலை செய்வதாக வைத்துக்கொள்வோம். அக் குழாயில் மின்வாய்கள் இரண்டும் தட்டையாகவும் ஒன்றற்கொன்று இணையாகவும் உள்ளதாக வைத்துக்கொள்வோம். மின்வாய்களிடைத் தொலைவில் ஏழில் ஒரு பங்குத் தொலைவை ஓர் எலெக்ட்ரான் கடந்த பிறகு, அது மோதும் வாயு அணுவை அதனால் அயனிக்க முடியும். இந்த மோதலின்போது ஓர் எலெக்ட்ரான் வெளிப்பட்டு அதுவும் ஒளி

எலெக்ட்ரானுடன் சேர்ந்து நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்கிறது. இதனுல் உண்டாக்கப்பட்ட நேர்மின் அயனி, எதிர்மின் வாயை நோக்கி மெல்ல நகர்கிறது.

மின்வாயிடைத் தொலைவில் மேலும் ஏழில் ஒரு பங்குத் தொலைவைக் கடந்த பிறகு இந்த இரு எலெக்ட்ரான்களும் வாயு அணுக்களுடன் மோதி மேலும் எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றுகின்றன. அப்போது அதே எண்ணிக்கையுள்ள நேர்மின் அயனிகள் உண்டாக்கப்பட்டு, அவை எதிர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்கின்றன. முடிவில், ஓர் ஒளி எலெக்ட்ரானுல் n எலெக்ட்ரான்களும், $n-1$ நேர்மின் அயனிகளும் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இம் முறையில், வாயுவினுல் ஒளிமின்னேட்டத்திற்கு n மடங்குப் பெருக்கம் உண்டாக்கப்படுகிறது.

இந்த விளைவில் n-ன் அளவு, கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தையும், குழாயின் வாயு அழுத்தத்தையும் பொறுத்தது. குழாய்க்குக் கொடுக்கப்படும் எந்த ஒரு மின்னழுத்தத்திற்கும் n-க்குப் பெரும அளவு மதிப்பைக் கொடுக்க, வாயுவிற்கு ஓர் உகந்த அழுத்தம் (optimum pressure) தேவை. அழுத்தம் மிகக் குறைவாக இருக்கும்போது, மின்வாய்களின் இடைத் தொலைவில் ஏற்படும் மோதல்களின் எண்ணிக்கை, தவிர்க்கக்கூடிய அளவுக்குச் சிறியதாக இருப்பதால் n-ன் மதிப்பு 1-ஐ நெருங்குகிறது. அழுத்தம் மிக அதிகமாக இருக்கும்போது, எலெக்ட்ரானுக்கு அயனியாக்கம் உண்டாக்கத் தேவைப்படும் ஆற்றல் உண்டாவதற்கு முன்பாகவே, அளவுக்கு அதிகமான அணுக்களுடன் மோதுவதால், தன் ஆற்றலை இழந்து, எந்த அயனியாக்கமும் உண்டாக்காமலேயே அது நேர்மின்வாயை அடைந்துவிடுகிறது. அப்போதும் n-ன் மதிப்பு 1-ஐ நெருங்குகிறது. இந்த நிலைகளில் ஏதாவது அயனியாக்கம் நிகழ்ந்தாலும், நேர்மின் அயனி எதிரே வரும் ஓர் எலெக்ட்ரானுடன் சேருவதால், ஒளிமின்னேட்டம் அதிகரிக்கப்படுவதில்லை.

ஓர் எலெக்ட்ரானுக்கு வாயுவின் அயனியாக்க மின்னழுத்த அளவுக்குச் சமமாக இயக்க ஆற்றல் உண்டாகும் கால அளவில் ஒரு மோதல் நிகழும்படி உள்ள வாயு அழுத்தமே, வாயுவின் 'உகந்த அழுத்தம்' எனப்படும். இது P_{opt} எனக் குறிக்கப்படுகிறது. அழுத்தம் P_{opt} ஆக இருக்கும்போது,

$$\lambda e = \frac{1}{\pi n r^2} = \frac{V_0}{V} d$$

இங்கு v என்பது கொடுக்கப்பட்ட மின்னழுத்தத்தையும், V_0 என்பது வாயுவின் அயனியாக்க மின்னழுத்தத்தையும்,

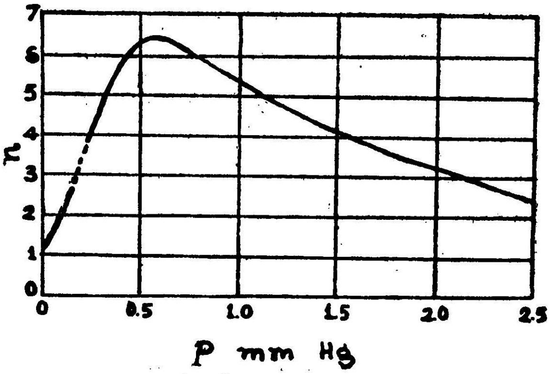
d என்பது மின்வாய் இடைவெளித் தொலைவையும் குறிக்கின்றன. அறைவெப்ப நிலையில், P_0 வெளிமண்டல அழுத்தத்தில், ஓரலகு பருமனில் உள்ள மூலக்கூறுகளின் எண்ணிக்கையை n_0 குறிக்குமானல்,

$$n = \frac{P_{opt}}{P_0} n_0$$

$$\frac{P_{opt}}{P_0} = \frac{V}{V_0 \pi r^2 n_0 d}$$

இதில் $V = 100$ வோல்ட்; $V_0 = 15{\cdot}7$ வோல்ட்; $d = 10^{-2}$ மீட்டர்; $P_0 = 760$ மி.மீ. பாதரச அழுத்தம்; $r = 1{\cdot}82 \times 10^{-10}$ மீட்டர், $n_0 = 2{\cdot}51 \times 10^{25}$/கனமீட்டர் என்ற அளவுகளைப் பதிலீடு செய்தால்,

$P_{opt} = 0.2$ மி. மீ. பாதரச அழுத்தம் கிடைக்கிறது.



படம் 16. 1

இரு சமதள மின்வாய்களுக்கிடையே ஓர் ஒளி எலெக்ட்ரான் செல்லும்போது உண்டாக்கப்படும் எலெக்ட்ரான் எண்ணிக்கை (n), ஆர்கான் வாயு அழுத்தம் (p) ஆகியவற்றின் தொடர்பு. (மின்வாய்களின் இடைத்தூரம் ஒரு செ. மீ.)

வெவ்வேறு அழுத்தங்களில் n - ன் மதிப்பில் காணப்பட்ட வேறுபாடு படம் 16. 1 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. எலெக்ட்ரானின் திசைவேகம் அயனியாக்க நிலைக்குக் குறைவாக உள்ளபோது ஏற்படும் மோதல்கள், மீட்சி மோதுகைகள் (elastic collisions) என்பது உகந்த அழுத்தங்களுக்கு ஏற்படும் மிகையான அளவுகளிலிருந்து புலப்படுகிறது. உகந்த அழுத்தமானது புல வலிமைக்கும் (V/d) அயனியாக்க மின்னழுத்தத்திற்கும் (V_0) உள்ள விகிதத்திற்கு நேர்விகிதத் தொடர்பு உடையது எனக் கூறும் ஸ்டோல்டவ் விதி (Stoletow's law) இதனல் உறுதிப்படுத்தப்படுகிறது.

வாயுக்குழாய்களின் பெருக்க எல்லை

மேலே விவரிக்கப்பட்டதிலிருந்து, வாயு அழுத்தத்தை உகந்த அழுத்த அளவுக்குள் அதிகரித்து, மின்னழுத்தத்தையும் ஏற்ற விகிதத்தில் அதிகரித்தால், வரம்பின்றிப் பெருக்கத்தை அதிகரிக்கமுடியும் என எதிர்பார்க்கலாம். ஆனால் உண்மையில், உண்டாக்கப்படும் அயனிகளில் r என்ற ஒரு பகுதி, எதிர்மின் வாயை அடையாமலிருப்பதுடன், அதிலிருந்து ஒன்று அல்லது அதிகமான எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றுவதால், இந்தப் பெருக்கத்துக்கு ஒரு வரம்பு ஏற்படுகிறது. உண்டாக்கப்படும் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்கும், எதிர் மின்வாயில் படும் அயனிகளின் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள விகிதம் γ. ஒவ்வோர் ஒளி எலெக்ட்ரானாலும் எதிர்மின்வாயி லிருந்து நேர்மின்வாய்க்கு மாற்றப்படும் அடிப்படை மின்னூட் டங்களின் (elementary charges) எண்ணிக்கை,

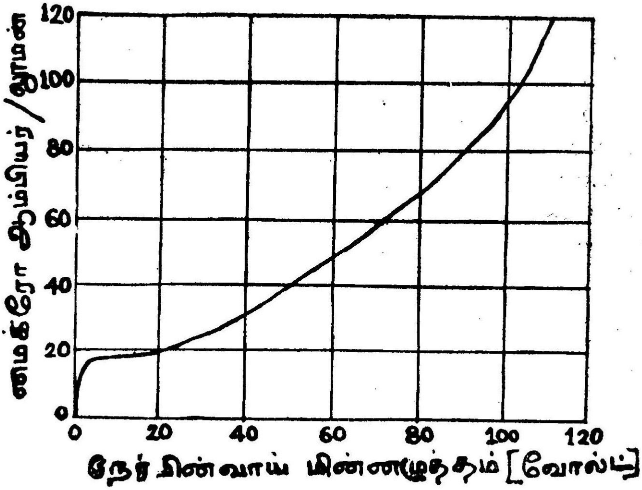
$$N = n + (n-1)^r + n(n-1)^2 r^2 + \ldots\ldots$$

$$= \frac{n}{1 - r(n-1)}$$

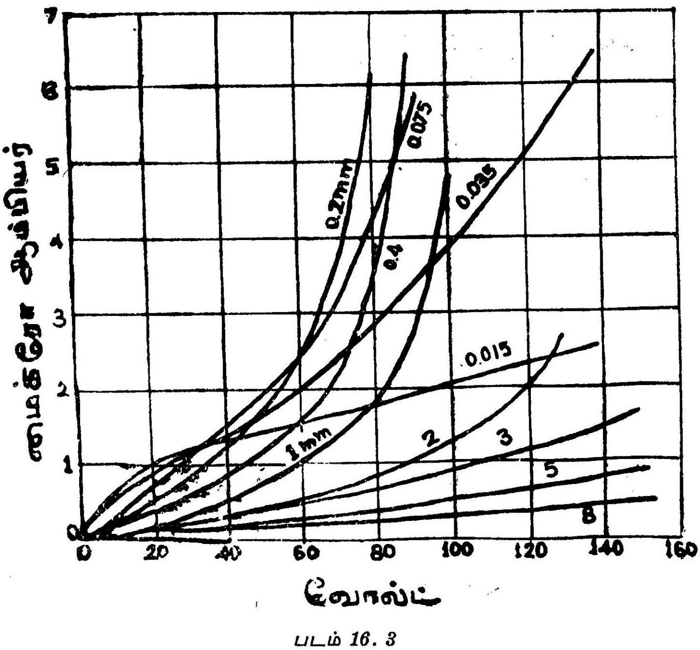
ஏனெனில், இங்கு ஒளிக்குழாயின் முதன்மை மின்னோட்டம் குழாயில் எப்படிப் பெருக்கமடைகிறதோ அதே மாதிரி, வெளிப் படும் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான் மின்னோட்டமும் மூலக்கூறு களுடன் ஏற்படும் மோதுகைகளால் பெருக்கமடைகிறது. r-ன் மதிப்பு அயனிகளின் திசைவேகத்தையும், எதிர்மின்வாயின் பரப்புப் பண்புகளையும் பொறுத்தது. $r = 0{\cdot}2$ ஆகவும் $n = 6$ ஆகவும் இருக்கும்போது N-ன் மதிப்பு ஈறிலாததாகிறது (infinite). மின்னழுத்தம் மிக அதிகமாகி, n-மதிப்பு 6 அல்லது அதற்கும் அதிகமாகும்போது, குழாயினுள் மின்னிறக்கம் தானாகவே நிலைக்கக் கூடியதாகி, அயனி தாக்குதலால் எதிர்மின் வாய்அழிக்கப்படும்வரைகூட நிகழ்கிறது. ஆகவே நடைமுறையில், இந்தப் பொலிவு மின்னிறக்கம் (glow discharge) நிகழாதபடி மின்னழுத்தம் குறைவாகவே வைக்கப்படுகிறது.

மின்னோட்ட - மின்னழுத்த வளைகோடுகள்

வாயுவின் அயனியாக்க மின்னழுத்தத்திற்குக் குறைவான மின்னழுத்தங்களுக்கு மின்னோட்ட - மின்னழுத்த வளைகோடுகள், வெற்றிட ஒளிக்குழாயின் வளைகோடுகளைப்போன்றே அமை கின்றன. இந்த நிலைக்கு அப்பால் ஏற்படும் மின்னோட்டம் அதிக ஏற்றத்துடன் அதிகரிக்கிறது ; பொலிவு மின்னிறக்க நிலை நெருங்கப்படும்போது மின்னோட்டம் திடீரென்று கூர்மையாக



படம் 16. 2
வாயு ஒளிக்குழாயின் நேர்மின்வாய்
மின்னோட்ட - மின்னழுத்த வளைகோடுகள்

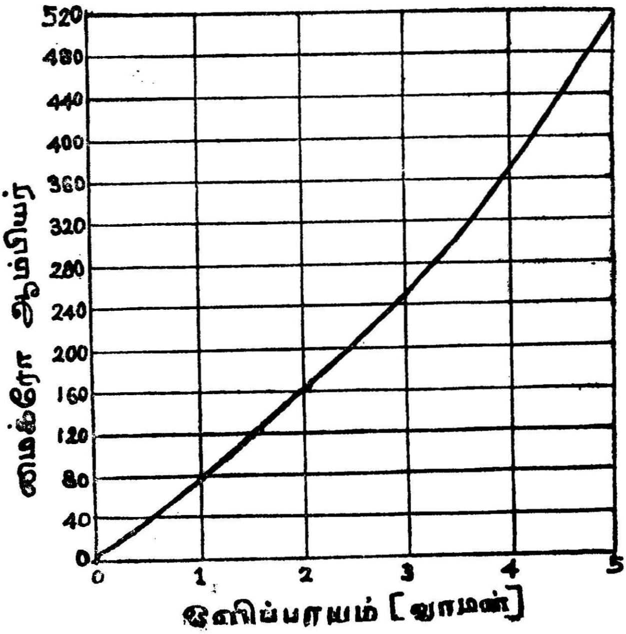


படம் 16. 3
வெவ்வேறு வாயு அழுத்தங்களில்
மின்னோட்ட - மின்னழுத்த வளைகோடுகள்,

அதிகரிக்கிறது. இது படம் 16. 2-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. 0·015
லிருந்து 8 மி. மீ. பாதரச அழுத்தம் வரை ஆர்கான் செலுத்தப்
பட்ட வெள்ளி-சீசியம் ஆக்சைடு சீசியம் ஒளிக்குழாய்க்குக் கோலர்
(Koller) வரைந்த வளைகோடுகள் படம் 16. 3 - ல் காட்டப்பட்
டுள்ளன. இந்த ஒளிக்குழாயில் அரைவட்ட எதிர்மின்வாயும் கம்பி
நேர்மின்வாயும் பயன்படுத்தப்பட்டன. படத்திலிருந்து, கொடுக்
கப்படும் மின்னழுத்தம் அதிகரிக்கும்போது, உகந்த வாயு அழுத்
தமும் அதிகரிக்கிறது என்ற ஸ்டோல்டவ் விதி உறுதிப்படுத்தப்
படுகிறது. அழுத்தம் பெரிதும் அதிகரிக்கப்படும்போது, குழா
யின் திறன் (efficiency) குறைகிறது.

மின்னோட்ட - ஒளிப்பாயத் தொடர்பு

வாயு ஒளிக்குழாயின் எதிர்மின்வாயின்மேல் படும் ஒளிப்
பாயமும், வெளிப்படும் ஒளிமின்னோட்டமும் நேர்க்கோட்டு விகி



படம் 16. 4
வாயு ஒளிக்குழாய்களில் வெளிவரு மின்னோட்டமும்
ஒளிப்பாயமும் நேர்விகிதத்தில் இல்லை.

தத்தில் அமைவதில்லை. இது படம் 16. 4-ல் காட்டப்பட்
டுள்ளது. இவ்வாறு நேர்க்கோட்டில் அமையாத தன்மை, ஒளிக்

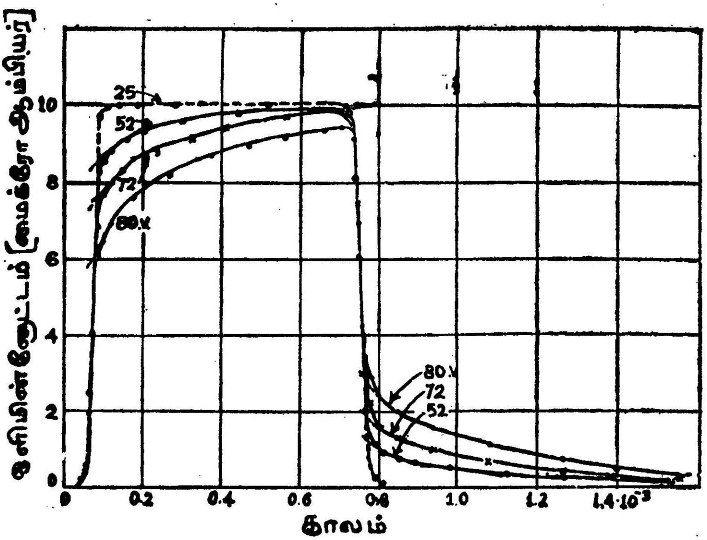
குழாய்களின் உருவ அமைப்பைப் பொறுத்து மாறுபடுகிறது; இத் தன்மை கோளகக் குழாய்களுக்கு அதிகமாகவும், தட்டையான குழாய்களுக்குக் குறைவாகவும் காணப்படுகிறது. இந்த நேர்க்கோட்டில் அமையாத அளவு, வாயு ஒளிக் குழாய்கள் பொதுவாகச் செயல்படும் அலை நீளத்தில், மிகக் குறைவாக உள்ளதால், இக் குழாய்களைப் பயன்படுத்துவது அவ்வளவாக மறுக்கப்படுவதில்லை. ஆனாலும், துல்லியமான ஒளி அளவீடுகளுக்கு, இவற்றிற்குப் பதிலாக வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களே பயன்படுத்தப்பட வேண்டும்.

இயக்கவியல் பண்பியல் கோடுகள்

வாயு ஒளிக்குழாய்களின் மின்னோட்டம் ஒளி எலெக்ட்ரான்களால் மட்டுமல்லாமல் நேர்மின் அயனிகளாலும் எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. ஆகவே, வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களில் காணப்படாத ஒரு காலதாமதம் வாயு ஒளிக்குழாய்களின் ஒளிமின் பலனில் உண்டாகிறது. ஒரே ஆற்றலுக்கு அயனி, எலெக்ட்ரான் ஆகியவற்றின் திசைவேகம், அவற்றின் எடைகளின் இருமடி மூலங்களுக்கு எதிர்விகிதத்தில் உள்ளது. ஆகவே, அணு எடை 40 கொண்ட ஓர் ஆர்கான் அணுவின் வேகம், 25 எலெக்ட்ரான் வோல்ட் ஆற்றலில், ஓர் எலெக்ட்ரானின் வேகத்தைப் போன்று $40 \cdot 1823^{\frac{1}{2}} = 271$ மடங்கு சிறியது. அஃதாவது 10 செ.மீ. தொலைவைக் கடக்க அதற்கு ஒரு மைக்ரோ செகண்டு நேரம் தேவைப்படுகிறது. செயல்முறையில், மோதுகைகளும் ஏற்படுவதால், இந்தக் கால அளவு மேலும் அதிகரிக்கிறது.

ஆகவே, ஒளி எதிர்மின் வாயின்மேல் படும் உடனடியான ஒளித் துடிப்பிற்கு உண்டாகும் உடனடியான ஒளிமின்னோட்டத் துடிப்புடன், எக்ஸ்பொனென்சியலாகக் (exponential) குறையும் மற்றோர் ஒளி மின்னோட்டத் துடிப்பும் உண்டாகிறது. இந்தக் குறைவு வீதம், நேர்மின் அயனி எதிர்மின்வாய்த் தொலைவை அடையும் சராசரி நேரத்தையும், எதிர்மின்வாயின் இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடும் விகிதமான r-வையும் பொறுத்து அமைகிறது. 0. 15 மி.மீ. பாதரச அழுத்தத்தில் ஆர்கானைக் கொண்டுள்ள வெள்ளி - சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் ஒளிக்குழாய்க்கு வெவ்வேறு மின்னழுத்தங்களைக் கொடுத்துப் பெறப்பட்ட முடிவுகளைப் படம் 16. 5 - லிருந்து தெரிந்துகொள்ளலாம். இதில், 25 வோல்ட்டுக்கு அதிகமான மின்னழுத்தங்களுக்கு ஒளிமின்னோட்டத்தின் ஒரு பகுதி உடனடியாகக் கிடைக்கிறது; அயனிகள் எதிர்மின்வாய்க்குத் திரும்புவதால் உண்

டாகும் ஒளிமின்னோட்டத்தின் இன்னொரு பகுதி மெதுவாக அதிகரித்து மெதுவாகக் குறைகிறது.



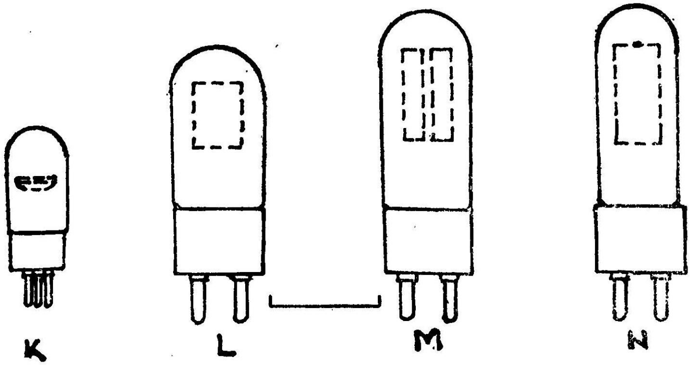
படம் 16. 5
ஆர்கான் ஒளிக்குழாயில் காலதாமதம்.
(p = 0. 15 மி.மீ. பாதரசம்)

இப்போது அதிர்வெண் ν-க்கு அலைப்பண்பேற்றப்பட்ட ஓர் ஒளிச் சைகையை எடுத்துக்கொள்வோம். அதன் செறிவு $1—\cos (2 \pi \nu t)$ என்று மாறுபடும். ஒளியின் அதிர்வெண் அதிகமாக இருந்தால், சைகையில் அகடு (trough) உள்ளபோது, சைகையின் அளவால் உண்டாக்கப்படும் ஒளி மின்னோட்டத்தின் பெரும்பகுதி ஒளிக்குழாயினுள் செல்லும். அப்போது கிடைக்கும் ஒளி மின்னோட்டம் அலைப் பண்பேற்றப்பட்டதாக இராது. ஆகவே, அப்போது உள்ள ஒளிமின்பலன் அதிர்வெண் 0 - வாக உள்ளபோது கிடைக்கும் ஒளிமின்பலனைவிடக் குறைவாக இருக்கும். இந்த குறைவினை η - என்று குறிப்பிடலாம். இதனுடன் ϕ என்ற கட்டத் தாமதமும் (phase delay) ஒளிமின்னோட்டத்திற்கு உண்டாகிறது. ஆகவே, கிடைக்கும் ஒளிமின்னோட்டத்தின் வெளிவிடு அளவு,

$$I = N i_0 \Big[1 - \eta \cos (2 \pi \nu t - \phi)$$

ஆகிறது. இங்கு N என்பது வாயுவின் பெருக்க எண் (gas amplification factor); i_0 $[1 - \cos (2 \pi \nu t]$ என்பது முதன்மை

ஒளிமின்னோட்டம். வாயு ஒளிக்குழாய்களை 100 வோல்ட்டுக்கும் குறைவான மின்னழுத்தங்களில் செயல்படச் செய்தால்தான் நல்ல பலன் கிடைக்கும்.



படம் 16.6
சில வாயு ஒளிக்குழாய்களின் உருவ அமைப்பு.

கட்புலனாகும் ஒளி, புறச் சிவப்பு ஒளி ஆகியவற்றில் செயல் படும் வாயு ஒளிக்குழாய்கள் செய்யப்படுகின்றன. இக் குழாய் களின் அமைப்புகள் வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களின் அமைப்பை ஒத்திருக்கின்றன. இதனைப் படம் 16.6 - ல் காணலாம். அஞ்சல் (relay), ஒலி மீட்பு போன்றவற்றிற்கு வாயு ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுகின்றன.

17. பெருக்கி ஒளிமின்கலம்

இயக்கவியல் பண்பியல் வளைகோடுகளை மிகவும் பாதிக்காமல், ஒளிக்குழாயின் மின்னோட்ட வெளிவிடு அளவை அதிகரிக்க, இரண்டாம்நிலை வெளிவிடுப்புப் பெருக்கம் (secondary emission amplification) மிகவும் பயனுள்ளதாக இருக்கிறது. மேலும் வாயு - ஒளிக்குழாயில் உண்டாகும் பெருக்கத்தைப்போல் பன்மடங்கு அதிக பெருக்கத்தை இம் முறையில் பெறமுடிகிறது. இதனைப் பயன்படுத்தும் ஒளிமின் கலங்கள், பெருக்கி - ஒளிமின் கலம் (multiplier phototube) எனப்படுகின்றன. ஒளிமின்னோட்டத்தைப் பெருக்கும் தன்மை காரணமாக இவை நிறைந்த அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

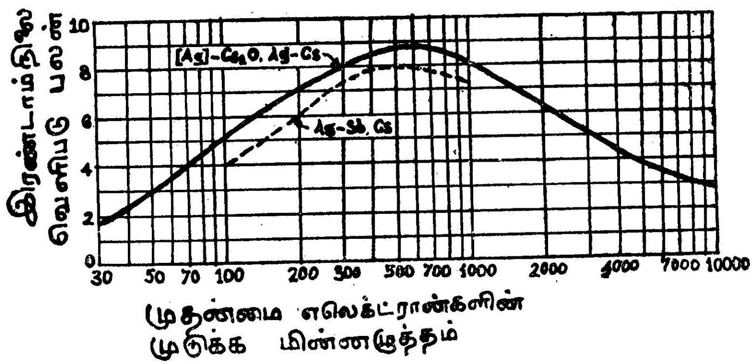
இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான் வெளிவிடுப்பு

சில நூறு எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அளவு இயக்க ஆற்றல் பெற்றுள்ள எலெக்ட்ரான்கள், ஒரு திடப் பரப்பின்மேல் விழும்போது, அது திடப் பரப்பிலுள்ள ஒன்று அல்லது ஒன்றுக்கு மேற்பட்ட எலெக்ட்ரான்களுக்குத் தன் ஆற்றலின் ஒரு பகுதியைக் கொடுக்கிறது. இந்த ஆற்றலை எடுத்துக்கொள்ளும் எலெக்ட்ரான்களே, இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களாக வெளிப்படுகின்றன. இப்படி வெளிப்படும் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களின் சராசரி எண்ணிக்கை, திடப் பரப்பின் தன்மையையும், இதன்மேல் படும் எலெக்ட்ரான்களின் இயக்க ஆற்றலையும் பொறுத்து அமைகிறது. ஆனால், வெளிப்படும் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகமும், கோணப் பகிர்வும், மிகச் சிறிய அளவுக்குத்தான் முதன்மை ஆற்றலைப் பொறுத்துள்ளது. அதேபோல, வெவ்வேறு பரப்புகளுக்கும் மிகச் சிறிய அளவில்தான் அவை மாறுபடுகின்றன. இவற்றின் ஆற்றல் பகிர்வு 1·4 -லிருந்து 2·2 எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அளவில் பெரும மதிப்பைப் பெற்றுள்ளது; கோணப் பகிர்வு ஒளி

எலெக்ட்ரான்களுடையதைப் போன்றே கோசைன் விதியைப் (cosine law) பின்பற்றுகிறது.

முதன்மை ஆற்றல் 10 வோல்ட்டுக்கும் குறைவாக உள்ள போது இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுவதில்லை. உலோக இலக்கிலிருந்து வரும் எலெக்ட்ரான்கள், மீட்சியல் சிதறல் முறையில் (elastic scattering) அதனுல் சிதறப்பட்ட முதன்மை எலெக்ட்ரான்களேயாகும். ஆனுல், முதன்மை எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் மிகும்போது, இலக்கிலிருந்து வரும் எலெக்ட்ரான் தொகுதியில் உள்ள முதன்மை எலெக்ட்ரான் களின் எண்ணிக்கை குறைந்துகொண்டே வருகிறது. முதன்மை எலெக்ட்ரான்களின் ஆற்றல் 20 - லிருந்து 1000 எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அளவில் உள்ளபோது, இலக்கிலிருந்து வரும் எல்லா எலெக்ட்ரான்களுமே இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களே ஆகும்.

இலக்கிலிருந்து வரும் எலெக்ட்ரான் மின்னேட்டத்திற்கும் இலக்கின்மேல் படும் மின்னேட்டத்திற்கும் உள்ள விகிதம் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன் (secondary emission yield) எனப்படும். முதன்மை எலெக்ட்ரான் கற்றையின் முடுக்க மின் னழுத்தம் அதிகரிக்கப்படும்போது பெரும்பாலான பொருள் களுக்கு இந்த விகிதம் அதிகரிக்கிறது. முடுக்க மின்னழுத்தம் 40 வோல்ட்டாக உள்ளபோது இந்த விகிதம் 1 ஆகிறது. 500



படம் 17. 1
வெள்ளி - சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம், வெள்ளி - ஆன்டிமனி - சீசியம் ஆகிய பரப்புகளின் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன் வளைகோடுகள்.

வோல்ட்டாக உள்ளபோது. இந்த விகிதம் ஒரு பெரும அளவை அடைகிறது. இதைவிட அதிகமான மின்னழுத்தங்களில் இந்த

விகிதம் மெதுவாகக் குறைகிறது. நேர்மின் தன்மையுள்ள உலோகங்களான லிதியம், பேரியம், சீசியம் போன்றவற்றின் தூய பரப்புகளுக்கு இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலனின் பெரும அளவு 0·5 வரையும், வெள்ளி - சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் பரப்புகளுக்கு அதன் பெரும அளவு 9 அல்லது 10 வரையும் உள்ளது. பின்னர்க் கூறப்பட்ட பரப்பிற்கும், வெள்ளி - ஆன்டிமனி - சீசியம் பரப்பிற்கும் உள்ள இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன் வளைகோடுகளைப் படம் 17. 1 காட்டுகிறது.

இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடும் பரப்பின் தன்மைகளில் மிக முக்கியமான தன்மை ஒன்று உண்டு. அதன் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன், முதன்மைக் கற்றையின் படு கோணத்தைச் சார்ந்துள்ள தன்மையே அது. மேலும் கீழ்க் காணும் தன்மைகள் மாறாமல் இருக்கின்றன:

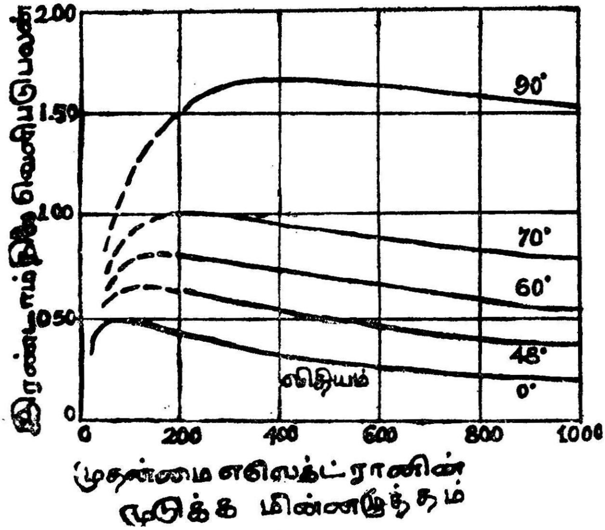
1. படுகோணத்தின் சாய்வு அதிகரிக்க அதிகரிக்க, இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன் அதிகரிக்கிறது.

2. வெளிவிடு பலன், முதன்மைக் கற்றையின் குறைவான முடுக்க மின்னழுத்தங்களில் குறைவாகவும், அதிகமான மின்னழுத்தங்களில் அதிகமாகவும் உள்ளது.

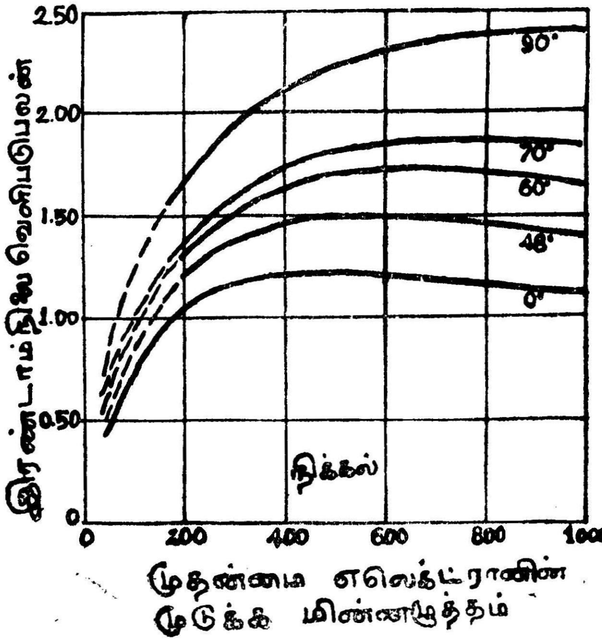
அணுபருமன் அதிகமாக உள்ள நேர்மின் மூலங்களுக்கு வெளிவிடுபலன், படுகோணச் சாய்வு அதிகரிப்பை மிகவும் சார்ந்துள்ளது; அவற்றிற்குக் குறை மின்னழுத்தங்களிலும் இந்தப் பலன் காணப்படுகிறது. இது படம் 17. 2 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

கார உலோக ஹேலைடுகள் (alkali halides) மெக்னீசியம் ஆக்சைடு போன்ற காப்பான்கள் மிக அதிகமான இரண்டாம் நிலை வெளிவிடு தன்மைகளைப் பெற்றுள்ளன. குப்ரஸ் ஆக்சைடு (Cu_2O), வெள்ளி ஆக்சைடு (Ag_2O), மோலிப்டினம் சல்பைடு (MoS_2) போன்ற மாசுள்ள குறைகடத்திகளின் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலனின் பெரும அளவு 1 - ஆக இருக்கிறது. ஆனால், $Cs_3 S_b$ போன்ற குறைகடத்திகளின் ஆற்றல் மட்டங்கள் காப்பான்களுடையதைப் போல அமைக்கப்பெற்றிருப்பதால் அவை அதிகமான இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலனைப் பெற்றிருக்கின்றன.

ஆகவே, இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு வினைவைக் கீழ்க்கண்டவாறு விளக்கலாம். திடப்பொருளான இலக்கின்மேல் முதன்மை எலெக்ட்ரான்கள் படும்போது, இலக்கின் சில எலெக்ட்ரான்



படம் 17. 2 (a)



படம் 17. 2 (b)

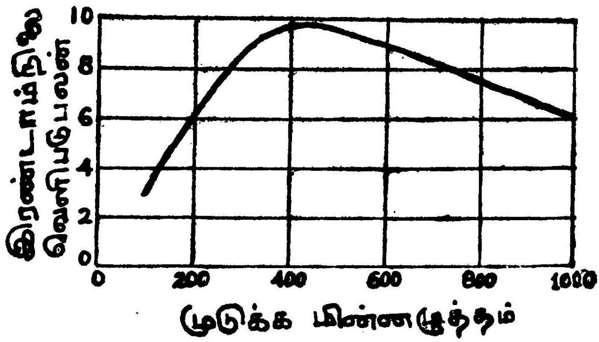
வெவ்வேறு படுகோணங்களுக்கான இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன்கள்.

களுக்கு அவை இலக்கிலிருந்து விடுபடப் போதுமான ஆற்றலைக் கொடுக்கின்றன. ஆனால், அதிக திசைவேகம் கொண்ட இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள் உலோக மேற்பரப்பை நோக்கிச் செல்லும்போது, உலோகத்தின் கடத்தல் எலெக்ட்ரான்களுடன் (conduction electron) மோதுவதால், அவை தம் ஆற்றலின் ஒரு பகுதியை இழந்து விடுகின்றன. ஆகவே, உலோகப் பரப்பின் மின்னழுத்தத் தடுப்பால் (surface potential barrier) அவை தடுத்து நிறுத்தப்படுகின்றன. எனவே, அவை இரண்டாம்நிலை வெளிவிடுப்புக்கு உதவுவதில்லை. ஆனால், ஒரு மின்காப்பானுக்குள் உண்டாகும் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள், அவற்றின் உலோக எலெக்ட்ரான்களுடன் ஆற்றலையோ, உந்தத்தையோ பரிமாறிக்கொள்ள முடியாது. ஏனெனில், இந்த உலோக எலெக்ட்ரான்கள், திடப் பொருள் ஆற்றலின் கீழ்மட்டநிலை முழுவதையும் நிரப்பியுள்ளன. அதனால் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களோ, கிளர்ச்சியுற்ற எலெக்ட்ரான்களோ அந்த நிலைக்குச் செல்ல முடிவதில்லை.

ஆகவே, உலோகப் பரப்புகளில் உள்ளது போலல்லாமல், மின்காப்பான்களின் பரப்புகளில், வெளிப்படக்கூடிய அளவு ஆற்றல் பெற்றுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை அதிகம். $Cs_3\ S_b$ போன்ற குறைகடத்திகளில், இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களுடன் ஆற்றலைப் பரிமாறிக்கொள்ளக் கூடிய கடத்தல் எலெக்ட்ரான்கள் உலோகங்களிலுள்ளதைவிடக் குறைவாக உள்ளது. ஆகவே, இவற்றில் எலெக்ட்ரான் - எலெக்ட்ரான் மோதல்களினால் வெளியேறும் ஆற்றலுடன் பரப்பிற்கு வரும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கை குறைவதில்லை. பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றல் குறைவாக உள்ளபோது இது சரியாக அமைகிறது. அப்போது உலோகத்திற்கு வெளியில், மின்னழுத்தத் தடுப்பிற்குச் சிறிது கீழே, கடத்தல் பட்டையின் அடி விளிம்பு அமைகிறது. மாசுள்ள குறைகடத்திகளில் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுவது குறைவாக இருக்கும்.

முதன்மை ஆற்றல் குறைவாக உள்ளபோது, வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களைக் கிளர்ச்சியுறச் செய்யக் குறைவான ஆற்றலே கிடைப்பதால், ஏற்படும் பலனும் குறைவாக இருக்கும். முதன்மை ஆற்றல் மிக அதிகமாக உள்ளபோதும், மிகையாகக் கிளர்ச்சியுற்ற எலெக்ட்ரான்கள் பரப்பை நோக்கிச் செல்லும்போது அவற்றின் இயக்க ஆற்றலின் மிகையான பகுதியை இழந்து விடுவதால் ஏற்படும் பலன் இப்போதும் குறைவாகவே இருக்கும். முதன்மை எலெக்ட்ரான் பரப்புடன் உராய்ந்து அதன் மேல் அதிகப் படுகோணத்துடன் பட்டால், ஆற்றலுக்கு ஏற்படும்

இந்த இழப்பு ஒரு சிறும அளவாக அமைகிறது. அதனால்தான் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான் பலன், படுகோணத்தைப் பொறுத்து அமைகிறது. மேலும், இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்கத் திசைவேகம், ஒளி எலெக்ட்ரானின் திசைவேகத்தைவிட மிக அதிகமாக உள்ளதால், இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன், பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றலைப் பொறுத்து மாறுவதில்லை.



படம் 17. 3
வெள்ளி — மெக்னீசியம் கலப்பின் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன்.

ஒளி உணர்திறனுள்ள வெள்ளி - சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் பரப்புகளும், ஆன்டிமனி - சீசியம் பரப்புகளும், நிறை அதிகமான உலோகத்துடன் கலந்த மெக்னீசியம், பெரிலியம் ஆகியவற்றின் கலப்பு உலோகப் பரப்புகளும், இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன் அதிகமாக உள்ளவை. வெள்ளி - மெக்னீசியக் கலப்பு உலோகத்தின் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன் வளைகோடு படம், 17. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கலப்பு உலோகப் பரப்புகளுக்கு ஒளிபடாதபோது உண்டாகும் இருண்ட மின்னோட்டம் (dark current) எனப்படும் வெப்ப அயனி வெளிப்படுதல் மிகக் குறைவாகவும், உயர்ந்த வெப்ப நிலைப்பாடும் (thermal stability) உண்டு.

இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பரப்புகளை உண்டாக்குதல்

வெள்ளி - சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் பரப்பு, ஆன்டிமனி - சீசியம் பரப்பு ஆகியவற்றை ஒளி உணர்வுநுட்பப் பரப்புகளாக உண்டாக்கப்படும் முறையிலேயே, இரண்டாம்நிலை வெளிவிடுப்புப் பரப்புகளாக உண்டாக்கப்படுகின்றன. முதலில் கூறப்பட்ட பரப்பில், வெள்ளி முதல் முறையாக நீலநிறம் அடையும் வரை ஆக்சிஜன் ஏற்றம் கொடுக்கப்பட்டுப் பரப்பு அமைக்கப்

பட்டால் அது இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலனை உயர்ந்த அள வுக்குக் கொடுக்கிறது.

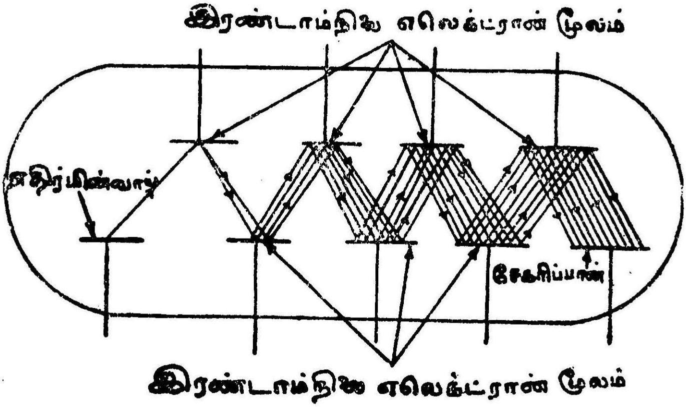
வெள்ளி - மெக்னீசிய இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பரப்பு உண்டாக்க, முதலில் ஒரு குறிப்பிட்ட எடையிலுள்ள வெள்ளி ஓர் எஃகாலான புடக்குகையினுள் (crucible) வைக்கப்பட்டு மின் உலையினுல் உருக்கப்படுகிறது. பிறகு வெள்ளியின் எடையில் 1 - லிருந்து 15 சதவீதம் வரை எடையுள்ள மெக்னீசியம், ஓர் எஃகுக் கம்பியின் உதவியால், உருகிய வெள்ளியின் அடியில் செருகப்படுகிறது. சிறிது நேரம் கலக்கிய பிறகு, உருகிய கலவை குளிரவிடப்பட்டு வேண்டிய தடிப்புள்ள உருவத்திற்கு வார்ப்பாக அமைக்கப்படுகிறது. பிறகு அது தூய்மையாக்கப் பட்டு, வேண்டிய உருவத்தில் வெற்றிடக் குழாயினுள் பொருத்தப் படுகிறது. அதற்கு 200 எலெக்ட்ரான் வோல்ட் முதன்மை ஆற்ற லுக்கு ஏற்படும் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பலன் 1. 5.

இப்போது குழாயினுள்ளே உள்ள வாயுவை அகற்றக் குழாய் வாட்டப்பட்டால், இதன் பலன் 4 - லிருந்து 6 ஆக உயருகிறது. இதையே ஆக்சிஜன் சூழ்நிலையில் அதி - அதிர்வெண் மின்னேட்டத்தால் வாட்டினுல், இதன் பலன் இன்னும் அதிக மாகிறது. பலன் அதிகரிக்கும்போது பரப்பின் நிறமும் வெண் மையிலிருந்து தங்கநிற மஞ்சளாக மாறுகிறது. இப்போதும் பரப்பும் மற்ற உலோகங்களும் ஆக்சிஜனை வெளியேற்றிய பிறகு ஒளிக்குழாய் இறுக மூடப்படுகிறது. இந்தப் பரப்பை நன்கு பரிசீலித்தபோது, இதில் வெள்ளியும் மெக்னீசியம் ஆக்சைடும் இருப்பதாகத் தெரிந்தது. இதில் மெக்னீசியம் ஆக்சைடு இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களைக் கொடுக்கிறது. கலப்பு உலோகப் பரப்பில் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடுப்பால் உண் டாகும் நேர்மின்னூட்டங்களைக் கடத்தி, பரப்பை நடுநிலையாக்க வெள்ளி உதவுகிறது.

காந்த இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கி

ஒரு பெருக்கி - ஒளிக்குழாய் இயங்கும் விதத்தின் அடிப்படை அமைப்பு, படம் 17. 4 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் ஓர் ஒளி எதிர்மின்வாயும், டைனேடுகள் (dynodes) எனப்படும் இலக்கு மின்வாய்களும், ஒரு சேகரிப்பானும் (collector) பொருத்தப்பட் டுள்ளன. எதிர்மின்வாயிலிருந்து i_0 என்ற ஒளிமின்னேட்டம் முதல் டைனேடை அடையுமானுல், அதிலிருந்து $R\, i_0$ என்ற இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான் மின்னேட்டம் உண்டாக்கப் படுகிறது. இங்கு R என்பது டைனேடு பரப்பின் இரண்டாம்

நிலை வெளிவிடு விகிதமாகும். இந்த $R\,io$ என்ற மின்னோட்டம் இரண்டாவது இலக்கைத் தாக்கும்போது, அதிலிருந்து R^2io

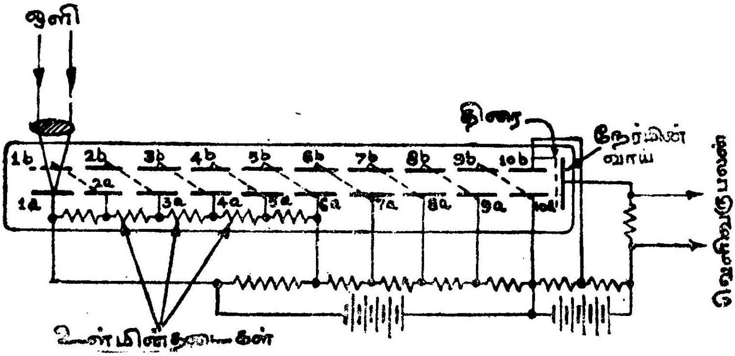


படம் 17. 4
இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கியின் தத்துவம்

என்ற மின்னோட்டம் உண்டாகிறது. இப்படி n இலக்கு மின் வாய்கள் இருந்தால், கடைசி டைனோடிலிருந்து $R^n\,io$ என்ற மின்னோட்டம் சேகரிப்பானை அடைகிறது. ஆகவே ஓர் அமைப் பில் 10 டைனோடுகள் இருந்து ஒவ்வொரு பரப்புக்கும் $R = 4$ ஆக இருந்தால், ஒளிஎதிர் மின்வாயில் உண்டாகும் மின்னோட்டத்தைப் போல, ஒரு மில்லியன் மடங்கு பெருக்கப்பட்ட மின்னோட்டம் சேகரிப்பானை அடையும்.

மேலே விளக்கப்பட்டதில், ஒரு டைனோடில் உண்டாகும் இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள் யாவும் அடுத்தடுத்த இலக்கு களை அடைவதாக எடுத்துக்கொள்ளப்பட்டது. ஆகவே, இப்படி உண்டாக்கப்படும் எல்லா இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களையும் அடுத்த இலக்கை அடைய வைப்பதுதான் இந்தப் பெருக்கிகள் அமைப்பதன் உத்தியாகும். முதன்முதலில் எதிர்மின்வாயி லிருந்தும், மற்ற டைனோடுகளிலிருந்தும் செல்லும் எலெக்ட்ரான் களை நேர்க்குத்துத் திசைகளில் செயல்படும் மின்புலம் காந்தப் புலங்களினுள் செலுத்துவதால், இந்த உத்தி திருப்திகரமாகக் கடைப்பிடிக்கப்படுகிறது. இப்படி ஏற்படுத்தப்பட்ட ஓர் அமைப்பை, படம் 17. 5 - ல் காணலாம். ஓர் ஒளி எதிர்மின்வாயும், ஒன்பது டைனோடுகளும் ஒரே அளவுள்ள தட்டுகளாக அடுத் தடுத்து வைக்கப்படுகின்றன. ஒரே மாதிரியான புலத்தட்டுகள் (field plates) ஒன்றையொன்று எதிர்நோக்கும்படி அமைக்கப்

பட்டுள்ளன. ஒவ்வொரு புலத்தட்டும் அதற்கடுத்த டைனேடுடன் மின் இணைப்புப் பெற்றுள்ளது. ஒரு ஜோடி தேனிரும்புப் பட்டை



படம் 17. 5

காந்த இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கியின் மின்வாய் அமைப்பு.

களால் ஒரு சீரான காந்தப்புலம் படத்தின் தளத்திற்கு நேர்க்குத்தாகக் கொடுக்கப்படுகிறது. இந்தத் தேனிரும்புப் பட்டைகள் குழாயின் வெளிப்புறத்தில் அமைக்கப்பட்டு, நிலைக் காந்தங்களால் செயல்படுகின்றன. அவற்றிற்கு எதிரிலுள்ள புலத்தட்டில் உண்டாகும் முடுக்க விசையால், ஒளி எதிர்மின்வாய் அல்லது இலக்கின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்கள், ஒரு வட்டப்புள்ளி நெறிவளையின் வடிவான (cycloidal) பாதையில் சென்று அடுத்த தட்டின் ஒரு புள்ளியை அடைகின்றன. இதற்குக் காந்தப்பாய அடர்த்தி, மின்னழுத்தம், தட்டுகளுக்கிடையிலுள்ள தொலைவு ஆகியவற்றின் தொடர்பு கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டுப்படி இருக்கவேண்டும்:

$$B = \left(\frac{2\pi m V}{e\,d\,s}\right)^{\frac{1}{2}} = 6\times 10^{-6}\left(\frac{V}{ds}\right)^{\frac{1}{2}} \text{ வெபர்/மீட்டர்}^2$$

இதில் B என்பது காந்தப்பாய அடர்த்தி; V மின்னழுத்த வேறுபாடு; d அடுத்தடுத்த தட்டுகளின் மையப்புள்ளிகளுக்கு இடையேயுள்ள தொலைவு; s இலக்குகளுக்கும் புலத்தட்டுகளுக்கும் இடையிலுள்ள தொலைவு. ஆகவே, அமைப்பில் $d = 0{\cdot}01$ மீட்டர், $s = 0{\cdot}005$ மீட்டர், $V = 200$ வோல்ட் என்று இருந்தால் காந்தப் பாய அடர்த்தி B, $0{\cdot}012$ வெபர்/மீட்டர்^{2} அல்லது 120 காஸ் (gauss) ஆகிறது. இதை ஒரு சிறிய காந்தத்தால் உண்டாக்க முடியும்.

இப்படி மேற்பொருத்தப்பட்ட (superposed) புலங்களால், எலெக்ட்ரான்களைக் குவியச் செய்யும் தன்மை உண்டாகிறது. ஓர் இலக்கின் விளிம்பிலிருந்து எந்தெந்தத் தொலைவிலுள்ள புள்ளிகளிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் புறப்படுகின்றனவோ, அடுத்த இலக்கின் விளிம்பிலிருந்து அதே தொலைவில் எலெக்ட்ரான்கள் விழும்படி இந்தப் புலங்கள் செய்கின்றன. எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்கத் திசைவேகத்தைப் பொறுத்து இந்தப் புள்ளிகள் மாறுவதில்லை. ஆகவே, எலெக்ட்ரான்கள் முன் திசையில் விரிவுபட்டுச் செல்வதில்லை. மேலும் பக்கவாட்டில், எலெக்ட்ரான்களின் திசைவேகக் கூறுகளை மாற்றுவதில்லை. எலெக்ட்ரான்கள் பக்கவாட்டில் விரிவுபடுவதை, தட்டுகளை மைக்கா தாங்கிகளுக்கிடையில் பொருத்துவதால் தவிர்க்கமுடியும். அப்போது மைக்கா எதிர்மின்னூட்டம் பெறுவதால், எலெக்ட்ரான்கள் பக்கவாட்டில் செல்லுவதை அவை தடுக்கின்றன. பன்னிரண்டு அல்லது அதிகமான நிலைகளைக்கொண்ட பெருக்கிகளிலும் இதனால் சிறிதளவும் எலெக்ட்ரான் இழப்பு ஏற்படுவதில்லை.

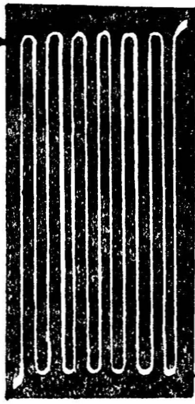
படம் 17·5 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள காந்த இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கிக் குழாயின் முதல் ஐந்து நிலைகள் மட்டும் குழாயினுள் பொருத்தப்பட்ட மின்தடைகளால் இணைக்கப்பட்டு மின்னழுத்தங்கள் குழாயின் டைனோடுகளுக்குப் பிரித்துக் கொடுக்கப்படுகின்றன. இதனால் குழாய்க்கு வெளியில் தேவைப்படும் மின் இணைப்புகள் குறைகின்றன. குழாயின் கடைசி இலக்கிற்கும், சேகரிப்பானுக்கும் தனியான மின்னழுத்த மூலம் கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. ஏனெனில், அவை மிக அதிகமான மின்னேட்டத்தைப் பெற்றுள்ளன. முடிவாக, சேகரிப்பானின் நிலையற்ற மின்னழுத்தங்களிலிருந்து மற்ற இலக்குகளை ஒரு திரை பாதுகாக்கிறது.

நிலைமின் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கி

காந்த இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கி மிகவும் திருப்திகரமாக இயங்கக் கூடியதுதான். எனினும், அதில் காந்தப் புலத்தை உண்டாக்கும்போது, அருகிலுள்ள கருவிகள் இயங்குவதை அது பாதிப்பதால், அது சில இடையூறுகளைக் கொடுக்கிறது. ஆகவே, அதற்குப் பதிலாக இப்போது நிலைமின் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கிகளே (electrostatic secondary emission multiplier) பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஐயாம்ஸ், சால்ஸ்பெர்க் (Iams and Salsberg) ஆகியோர் அமைத்த தொடக்கப் பெருக்கியின் அமைப்புப்படம் 17. 6 - ல்

காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கி ஒரு நிலையில் மட்டுமே உள்ளது. இதில் குழிந்த வடிவமுள்ள

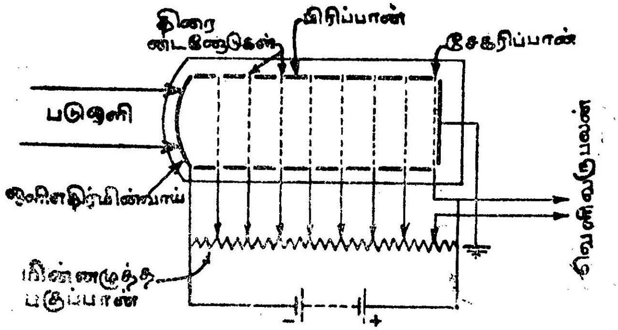


படம் 17. 6
ஒரு நிலையுள்ள இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கி ஒளிக்குழாய்.

எதிர்மின்வாயில் முதன்மை எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான்கள் பட்டையாக உள்ள டைனோடைத்தாக்கி இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களை உண்டாக்குகின்றன. இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள், டைனோடைச் சூழ்ந்துள்ள தட்டையான கம்பிச் சுருளாலான சேகரிப்பானால் ஈர்க்கப்படுகின்றன. இந்த அமைப்பால் உண்டாக்கப்படும் பெருக்கம் 6 மடங்காக இருந்தது.

மிக எளிதான நிலைமின் பெருக்கி ஒன்று வீஸ் (Weiss) என்பவரால் உருவாக்கப்பட்டது. இது படம் 17. 7 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் ஒளிபுகக்கூடிய எதிர்மின்வாய், குழாயின் ஒரு நுனியில் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. எதிர்முனையில் சேகரிப்பான் உள்ளது. மெல்லிய வலைபோன்ற திரைகள் இவற்றிற்கிடையே பொருத்தப்பட்டு, அவை படிப்படியாக அதிகரிக்கும் மின்னழுத்தங்களைப் பெறுகின்றன. இவைதாம் வரிசையாக இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுகின்றன. நடைமுறையில் ஒளிபுகும் தன்மை அதிகமாக உள்ள சேகரிப்பான் திடநிலையிலுள்ள டைனோடு தட்டிற்கு முன்பாக வைக்கப்படுகிறது. திடநிலை டைனோடு மிக அதிகமான இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடுவதால், அருகிலுள்ள சேகரிப்பானல் எல்லா எலெக்ட்ரான்களையும் ஈர்க்க முடிகிறது. இங்குக் கம்பி வடிவில் உள்ள

இலக்குகளை எலெக்ட்ரான் தாக்கும்போது, இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாகின்றன. இவை வலையிலுள்ள



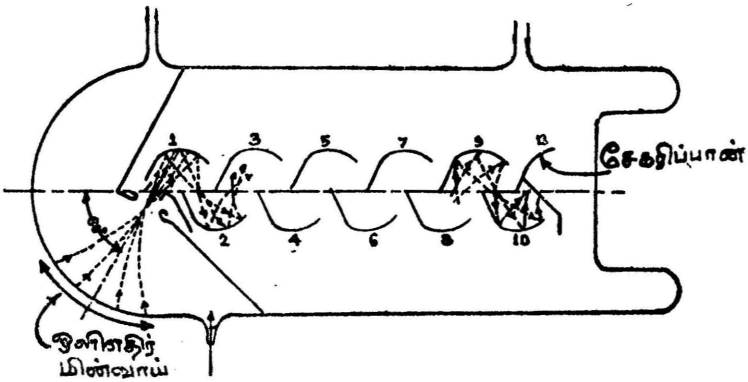
படம் 17.7
திரை வகைப் பெருக்கி ஒளிக்குழாய்.

தொளைகள் வழியாக முடுக்க முண்டாக்கும் நிலைமின் புலங்களால் ஈர்க்கப்பட்டு அடுத்த இலக்குகளின்மேல் மோதி, அதிகமான இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களை உண்டாக்குகின்றன.

வலைகளின் தொளை வழியாகச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் பெருக்கமடைவதில்லை. ஆதலால், இந்த அமைப்பில் தட்டுகளாலான டைனோடு அமைப்பில் உண்டாகும் பெருக்கத்தில் பாதிப் பெருக்கம்தான் உண்டாகிறது. இருப்பினும் இவ்வகைக் குழாய்களிலும் மில்லியன் மடங்கு பெருக்கங்களை உண்டாக்க முடிகிறது. எலெக்ட்ரான்கள் விரிவடைவதை, குழாயின் அச்சுக்கு இணையாக ஒரு சீரான காந்தப்புலத்தை உண்டாக்கும் படியாக அமைக்கப்பட்ட ஒரு வரிச்சுருளைப் (solenoid) பயன்படுத்தித் தவிர்க்க முடியும். அடுத்தடுத்த திரைகளைப் பிரிக்கக் கண்ணாடி வளையங்களைப் பொருத்துவதாலும் இதே பலனைப் பெறலாம். கண்ணாடி வளையங்கள் எதிர்மின்னூட்டம் பெறுவதால், குழாயின் சுவர்களை நோக்கிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் தடுத்து நிறுத்தப்படுகின்றன.

இதே மாதிரி அல்லது இதைவிட அதிகமான திறமையுள்ள பெருக்கிகள், திரைகளை நீக்கி அவற்றிற்குப் பதிலாகத் தகுந்த வடிவம் கொண்ட டைனோடுகளைப் பொருத்துவதால் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இப்படிப்பட்ட ஓர் அமைப்பைப் படம் 17.8-ல் காணலாம். இதில் ஒளி எதிர்மின்வாய் மற்ற இரண்டாம்நிலை

வெளிவிடு பரப்புகளிலிருந்து தனியாகப் பிரித்து வைக்கப்பட்டுள்ளது. இவற்றைப் பிரிக்கும் தடுப்பில் ஒரு தொளை உள்ளது.

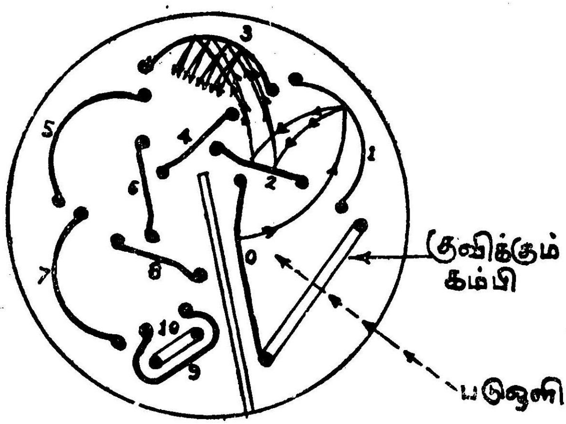


படம் 17.8
பிரித்தல் வகைப்பட்ட எலெக்ட்ரான் பெருக்கி.

அதன் வழியாகத்தான் முதன்மை எலெக்ட்ரான்கள் இலக்குகளை நோக்கிச் செல்ல முடியும். இந்த அமைப்பால் ஒளி எதிர்மின்வாயும் மற்ற இலக்கு மின்வாய்களும் தனித்தனியாக இயக்குவிக்கப்படுகின்றன. டைனேடுகளின் உருவ அமைப்பால், ஒன்றிலிருந்து செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் திசைமாறிச் செல்லாமல் அடுத்த டைனேடை அடைகின்றன. இந்த அமைப்பிலும் மின்வாய்களின் தாங்கிகள் எதிர் மின்னூட்டம் பெற்று, எலெக்ட்ரான் கற்றை பக்கவாட்டில் விரிவுருதபடி தடுக்கின்றன. மேலும், இலக்கு மின்வாய்கள் குழாயின் மையக்கோடு வரை வளைத்துப் பொருத்தப்பட்டுள்ளதால் சேகரிப்பானுக்கு அருகில் தற்செயலாக உண்டாகும் நேர்மின் அயனிகள் எதிர்மின்வாயை அடையாதபடி தடுக்கப்படுகின்றன. அதி பெருக்கமுள்ள குழாய்களில் இது ஒரு முக்கியமான தேவையாகும். ஏனெனில், மில்லியன் மடங்கு பெருக்கமுள்ள குழாயில் சேகரிப்பானுக்குச் செல்லும் மில்லியன் எலெக்ட்ரான்களுக்கு ஒரு நேர்மின் அயனி எதிர்மின்வாயை அடைந்தாலே, அக் குழாயின் நிலைப்பாடு (stability) மாறுபடும்.

இதேபோலத் திறமையும் நிலைப்பாடும் உள்ள பெருக்கி, படம் 17.9 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல, டைனேடுகளை ஒரு வட்ட வரிசையில் அமைக்கும் முறையாகும். படத்தில் ஒளி எதிர்மின்வாய் 0 என்று காட்டப்பட்டுள்ளது. இஃது ஒரு கம்பி

மூலம் ஒளி படும்படி வைக்கப்பட்டுள்ளது. சேகரிப்பான் 10 என்று குறிக்கப்பட்டுள்ளது. 1-லிருந்து 9 வரை குறிக்கப்



படம் 17.9
வட்ட நிலையில் பெருக்கி ஒளிக்குழாய்.

பட்டவை டைனேடுகள். இந்த அமைப்பு நடைமுறையில் உள்ள பெருக்கி—ஒளிக்குழாய்களில் கையாளப்படுகிறது.

இவை தவிர, டைனேடுகளைப் பெட்டிபோன்ற அமைப்பிலும், ஒளி எதிர்மின்வாய்களை மிகப் பெரிய அளவிலும் கொண்ட பெருக்கி - ஒளிக்குழாய்கள் செய்யப்படுகின்றன. இவை அதிகமாகத் தொலைக்காட்சி அமைப்புகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

இருண்ட மின்னேட்டம்

எல்லா ஒளிக் குழாய்களிலும், ஒளி எதிர்மின்வாயின் மேல் ஒளிபடாதபோது, மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டால், ஓரளவு மின்னேட்டம் நிகழும். இந்த மின்னேட்டத்திற்கு இருண்ட மின்னேட்டம் (Dark current) என்பது பெயர். மிகக் குறைவான ஒளியைக் கண்டறியவும், அளக்கவும் பெருக்கி - ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுத்தப்படுவதால், இந்தச் சிறிய இருண்ட மின்னேட்டங்கள் அந்த அமைப்புகளில் மிக முக்கியமானவையாகக் கருதப்படுகின்றன. அக் குழாய்களுக்குக் கொடுக்கப்படும் அதி - மின்னழுத்தங்கள் இந்த இருண்ட மின்னேட்டங்களை அதிகப்படுத்தலாம்,

எலெக்ட்ரான் பெருக்கிக் குழாய்களில் இருண்ட மின்னோட்டம் உண்டாக மூன்று முதன்மையான மூலங்கள் உள்ளன.

1. மின்வாய்களுக்கு இடையிலுள்ள மின்தடையில் உண்டாகும் கசிவு. இது குழாய் உறையின் உட்புறமும் வெளிப்புறமும் நிகழ்கிறது.

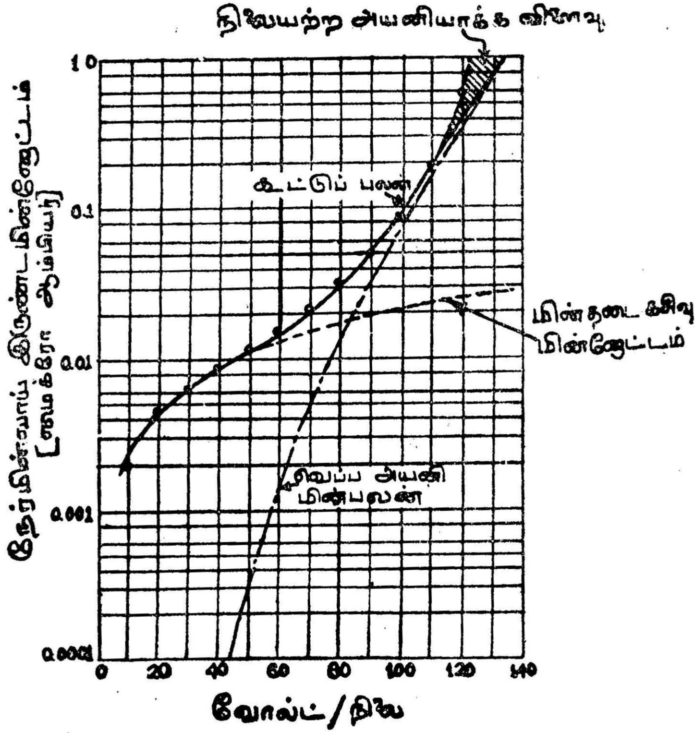
2. ஒளி எதிர்மின்வாயிலும் டைனோடுகளிலும் உண்டாகும் வெப்ப அயனி வெளிவிடுப்பு; அடுத்தடுத்த இரண்டாம் நிலை வெளிவிடுப்புகளால், ஒளிச் சைகை மின்னோட்டத்துடன் இதுவும் பெருக்கப்படுகிறது.

3. ஒளி எதிர்மின்வாயின் மேலும் டைனோடுகள் மேலும் நேர்மின் அயனி மோதும்போது உண்டாகும் மின்னோட்டம்; மின்வாய்களின் பரப்பிலிருந்து நீட்டிக்கொண்டிருக்கும் நுணுக்கமான பகுதிகளால் உண்டாகும் புல வெளிவிடு மின்னோட்டங்களால் (field emission-currents) அதிகரிக்கப்படுகிறது.

இந்த வெவ்வேறு காரணங்களால் உண்டாகும் இருண்ட மின்னோட்டங்களைப் படம் 17. 10 பிரித்துக் காட்டுகிறது. மின்தடையில் ஏற்படும் கசிவு ஒளிக்குழாய்க்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. வெப்ப அயனி மின்னோட்ட வெளிவிடு அளவு, பெருக்கிக் குழாயின் பெருக்கத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது. ஆகவே, குழாயின் இயக்க எல்லைக்குள், கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்த அதிகரிப்பு வீதத்தை விட அதிகமான வீதத்தில் அதிகரிக்கிறது. இயக்க எல்லையின் மேல்நுனியில், குழாயில், மீதமுள்ள வாயுக்களில் உண்டாகும் அயனிகள் எதிர்மின்வாய்ப் பகுதிக்குத் திரும்புவதால் உண்டாகும் விளைவு (regenerative effect) குழாயின் இருண்ட மின்னோட்டத்தைத் திடீரென்று அதிகரிக்கிறது. இந்த அதிகரிப்பு ஒழுங்கற்றதாகவும் உள்ளது. இந்த விளைவு உள்ள பெருக்கி-ஒளிக்குழாய் பயனற்றதாகக் கருதப்படும்.

பெருக்கி ஒளிக்குழாய்களுக்கு அறையின் வெப்பநிலையில் இயங்கும் மின்னழுத்தங்களில் ஏற்படும் இருண்ட மின்னோட்டம் வெப்ப அயனி வெளிவிடுப்பால்தான் முக்கியமாக உண்டாகிறது. மற்ற இரு காரணங்களால் உண்டாகும் இருண்ட மின்னோட்டங்களை, குழாய்களை [illegible]க்கும் முறையில் எடுத்துக்கொள்ளும் முன்னெச்சரி[illegible]ர்க்க முடியும். வெப்ப அயனி

வெளிவிடுப்பு, பரப்பின் வெளியேற்று ஆற்றலையும் அதன் வெப்ப நிலையையும் பொறுத்தது. ஒரு பரப்பின் வெளிவிடுப்பு



படம் 17. 10
ஆன்டிமனி — சீசியம் பெருக்கி ஒளிக்குழாயின் இருண்ட மின்னோட்டம்—மின்னழுத்தத் தொடர்பு.

எண் (specific emission) கீழ்க்காணும் சமன்பாட்டால் பெறப் படுகிறது.

$$j = AT^2 e^{-\omega/kT} = AT^2 e^{-11607\,\omega/T}$$

இங்கு T என்பது பரப்பின் சார்பிலா வெப்ப நிலையையும், ω அதன் வெளியேற்று ஆற்றலை எலெக்ட்ரான் வோல்ட்டிலும், k போல்ட்ஸ்மென் மாறிலியையும் குறிக்கின்றன. A என்பது பரப்பிற்கான ஒரு மாறிலி. தூய உலோகப் பரப்புகளுக்கு இதன் மதிப்பு $1{\cdot}2 \times 10^6$ ஆம்ப்பியர்/ மீட்டர்^{2}/$^0A^2$ ஆகும். கலப்பு உலோகப் பரப்புகளுக்கு A-ன் மதிப்பு குறைவாக உள்ளது

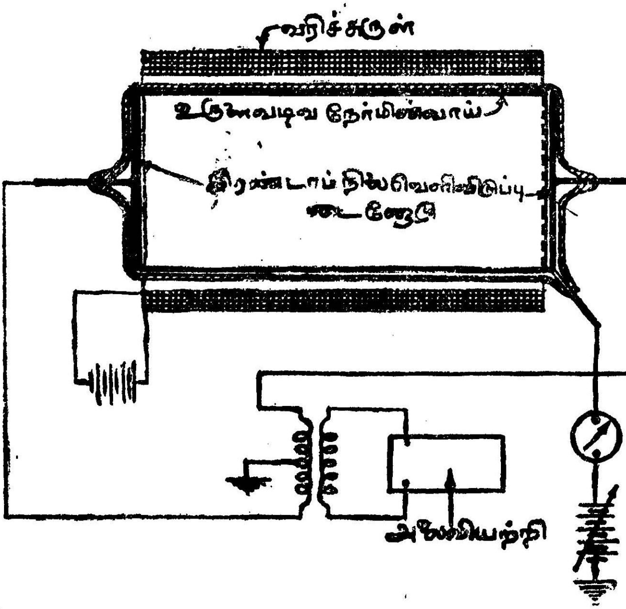
ஆகவே, சமன்பாட்டில் *e*-ன் மதிப்பு மிகவும் சிறியதாகிறது. எனவே, பெருக்கி-ஒளிக்குழாயைத் திரவக்காற்றில் மூழ்கவைத்து அதன் வெப்ப நிலையைக் குறைப்பதால், குழாயின் இருண்ட மின்னோட்டத்தை மிகவும் குறைக்க முடியும்.

திரவக் காற்றில் மூழ்கவைக்கப்பட்ட பெருக்கி - ஒளிக்குழாய் ஒளிஎதிர்மின்வாயின்மேல் ஒரு செகண்டில் ஒரு குவான்டம் ஆற்றல் படும்படி உள்ள ஒளிப்பாயத்தைக் கண்டுபிடிக்க உதவுகிறது. (இது பிரிவு 22–ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது.) பே (Bay) என்பவர், அறைமின் வெப்பநிலையில் மிகக் குறைவான வெப்ப அயனி வெளிவிடுப்பு உள்ள மின்வாய்களைப் பயன்படுத்தி ஃபோட்டான், ஆல்ஃபா, பீட்டா, காமாக் கதிர்கள் ஆகியவற்றைக் கொண்டு எண்ணிக்கையிடக் கூடிய நிலைமின் பெருக்கிக் குழாய்களை உருவாக்கினர். இவற்றில் மெக்னீசியக் கலப்பாலான டைனோடுகளைப் பயன்படுத்தினர்; எக்ஸ் - கதிர் அளவீடுகளுக்கு டேன்டலம் எதிர்மின்வாயும், பெரிலியம் கலப்பு டைனோடுகளையும் கொண்ட பெருக்கி - ஒளிக்குழாய்களை ஆலன் (Allen) என்பவர் அமைத்தார்.

இயக்கநிலை இரண்டாம்நிலை வெளிவிடுப்புப் பெருக்கி

இரண்டாம்நிலை வெளிவிடுப்பு முறையில் ஒளி மின்னோட்டங்களைப் பெருக்கும் நுணுக்கமான முறை ஃபார்ன்ஸ்வொர்த் இயக்கநிலை இரண்டாம்நிலை வெளிவிடுப்புப் பெருக்கியில் (Farnsworth's dynamic secondary emission multiplier) கையாளப்பட்டது. இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களை வெளிவிடக் கூடிய இரண்டு எதிர்மின்வாய்களும், குழாயின் உட்சுவரின் பூச்சால் ஆன நேர்மின்வாயும் இதில் உள்ளன. குழாயின் அமைப்பு, படம் 17. 11 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. குழாய் ஒரு வரிச்சுருளால் (solenoid) சூழப்பட்டுள்ளது. இதனால் குழாயின் அச்சில் காந்தப்புலம் உண்டாக்கப்படுகிறது. குழாயின் நேர்மின் வாய்க்கு, மாறுத நேர்மின்னழுத்தத்துடன், ஒரு செகண்டிற்கு 50 மெகா சைக்கிள் அதிர்வெண் உள்ள ஒரு தகுதியான மாறு திசை மின்னழுத்தமும் கொடுக்கப்படுகிறது. அப்போது மாறு திசை மின்னழுத்தத்திற்கு உகந்த கட்டத்தில் (phase) முதல் எதிர்மின்வாயிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான் நேர்மின் வாயின் மையப் புள்ளியை அடையும்வரை முடுக்கப்படுகிறது. நேர்மின்வாயின் மையப்புள்ளியிலிருந்து இரண்டாவது எதிர்மின் வாயை அடையும்வரை அந்த எலெக்ட்ரான் எதிர்முடுக்கம் பெறுகிறது. ஆகவே, அந்த எலெக்ட்ரான் இரண்டாவது எதிர்மின் வாயை அடையும்போது, அந்த எதிர்மின்வாய்ப் பரப்பிலிருந்து

ஒன்றே அல்லது அதற்கும் அதிகமான இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களை வெளியேற்றும் அளவுக்கு அது திசைவேகம் பெற்றிருக்



படம் 17. 11
இயக்கநிலை இரண்டாம்நிலை வெளிவிடுப்புப் பெருக்கி.

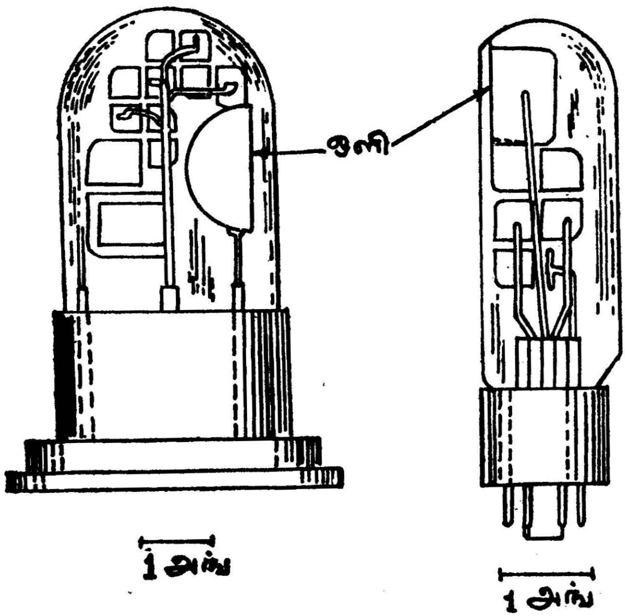
கும். இப்படி இரண்டாவது எதிர்மின்வாயிலிருந்து வெளிப்பட்ட இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள், முதலாவது எதிர்மின் வாயை நோக்கிச் செல்லும்போது, மாறுதிசை மின்னழுத்தத் தால் அதிகரிக்கப்பட்டு, முதல் எதிர்மின்வாயிலிருந்தும் இரண் டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களை வெளிப்படுத்துகின்றன. இவ்வாறு இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள் பன்மடங்காக்கப் படுகின் றன. முடிவாக உண்டாக்கப்பட்ட எல்லா இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்களும், குழாயின் மையத்திலிருந்து நகர்ந்து செல்லுகின்றன. அவற்றை நேர்மின்வாய் எடுத்துக்கொள்ளு கிறது; அல்லது தானே நிலைநிறுத்தும் மின்னிறக்கம் உண்டா கிறது.

இந்த உறுதியில்லாத நிலை, காந்தப் புலத்தின் செறிவு, விரிவடைதல் தன்மைகளாலும், மாறுதிசை மின்னழுத்தத்தின் வீச்சினலும் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. தாஞகவே நிலைத்திருக்கும் மின்னிறக்கத்திற்குத் தேவையான மின்னழுத்தத்திற்குச் சிறிது

குறைவான வீச்சு உள்ளபோது பெரும அளவு பெருக்கம் ஏற்படு கிறது. இந்த இயக்கநிலைப் பெருக்கி, பல ஆயிரம் மடங்குப் பெருக்கம் ஏற்படுத்தக்கூடிய தன்மை வாய்ந்தது. நடைமுறை யில் நிலைமின் பெருக்கிகளுக்குப் பதிலாக இந்தவகைக் குழாய் களே பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

பெருக்கி — ஒளிக்குழாய்களின் வகைகள்

நீல ஒளிக்கு நல்ல பலனைக் கொடுக்கும் S-4 பரப்புகளும், நீலம், பச்சை, சிவப்பு ஒளிக்கு S-8 பரப்புகளும், புற ஊதா விற்கு S-5 பரப்புகளும்கொண்ட பெருக்கி-ஒளிக்குழாய்கள் செய்யப்படுகின்றன. புற ஊதாவில் நல்ல பலனைக் கொடுக்க, 2000 A. U. வரை ஒளி ஊடுருவத் தக்க கண்ணாடி உறைகள் ஒளிக் குழாய்களுக்குப் பொருத்தப்படுகின்றன. பொதுவாக எல்லாட்



படம் 17. 12
நிலைமின் பெருக்கிக் குழாய்களின் தோற்றம்.

பெருக்கிக் குழாய்களும் வட்டவடிவ நிலைமின் பெருக்கிகளாக இருக்கின்றன. இவற்றின் வெளித்தோற்றம் படம் 17. 12-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இவற்றில் 9 நிலைகளில் பெருக்கம் ஏற்

படுகிறது. எதிர்மின்வாய் நீட்டிக் கொண்டிருக்கும் பரப்பு 0·3 சதுர அங்குலமாக இருக்கிறது. நேர்மின்வாய்க்கும் கடைசி டைனேடுக்கும் இடையில் உள்ள தேக்குதிறன் 4 மைக்ரோ மைக்ரோ பாரட்டாகவும் ($\mu\mu f$), நேர்மின்வாய்க்கும் மற்ற மின் வாய்களுக்குமிடையில் தேக்குதிறன் 6 $\mu\mu f$ ஆகவும் இருக்கிறது.

பெருக்கி ஒளிக்குழாயின் இயக்கநிலைப் பண்பியல் வளை கோடுகள், பல மெகா சைக்கிள் அதிர்வெண் அளவு வரை, சாதா ரண வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களுக்குப் போலத் தட்டையாக அமை கின்றன. மின்னேட்டமும் மின்னழுத்தமும் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவைத் தாண்டாதவரை, குழாய்களுக்கு நேர்எதிர்வுரு விளைவு (irreversible effect) உண்டாவதில்லை. குறிப்பிடப்பட்டுள்ள அளவுக்கு அதிகமாக மின்னேட்டத்தை அதிகரித்தால், குழாய் சேதமடைந்து விடும்.

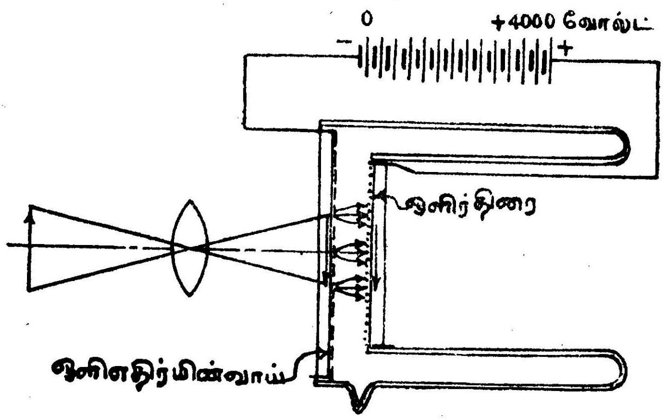
18. பிம்ப ஒளிமின்கலம்

இதுவரையில் விவரிக்கப்பட்ட ஒளிமின்கலங்கள் அவற்றின் ஒளிஎதிர்மின்வாயின் மேல் படும் ஒளியின் அளவை நிர்ணயிக்க உதவும்படியான அடையாள மின்னோட்டங்களை உண்டாக்கக் கூடியவை. அவற்றின் வெளிவிடு அளவு, படுகற்றையில் ஒளி எவ்வாறு பகிர்வுற்று நிரம்பியுள்ளது என்பதைப் பற்றிய விவரங்களைக் கொடுப்பதில்லை. ஆகவே, இந்த விவரங்களை அறிய, ஒளி எதிர்மின் வாயின் வெவ்வேறு பகுதிகளில் உண்டாக் கப்படும் மின்னோட்டங்களைத் தனித்தனியாகப் பிரித்து, அவை ஒவ்வொன்றும் அவற்றை உண்டாக்கிய ஒளிப்பாயத்திற்கு ஒத்த விளைவுகளை உண்டாக்கும்படி செய்யவேண்டும். இம் மாதிரி ஒளி எதிர்மின்வாய்ப் பரப்பின் மேல் படும் ஒளி எவ்வாறு பரவி யுள்ளதோ, அதே போன்ற எலெக்ட்ரான் பிம்பங்களை உண் டாக்கும் ஒளிமின் குழாய்களுக்குப் பிம்ப - ஒளி மின்கலம் (image tube) என்பது பெயர். இவை பல சிக்கலான எலெக்ட்ரானிக் கருவிகளின் ஆக்கக் கூறுகளாக அமைவதைப்பற்றி 26, 27-ம் பிரிவுகளில் காணலாம். இப்போது, கண்ணால் பார்க்கக் கூடிய எலெக்ட்ரான் பிம்பங்களை ஒளிர்திரையில் ஏற்படுத்தும் மிக எளிய பிம்பக்குழாய்களைப்பற்றிப் பார்க்கலாம்.

முடுக்க — புல பிம்பக் குழாய்

தொடக்க காலப் பிம்பக் குழாயின் அமைப்பு, படம் 18.1 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில், நீளம் குறைவான, செறிவுமிக்க முடுக்க மின்புலம் (accelerating field) செயல்படுகிறது. இந்தப் புலம், ஒளிஎதிர்மின்வாயின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் எலெக்ட்ரான்கள் திரையை அடைவதற்கு முன்பாகவே அதிக மாக விரிவுபடுவதைத் தடுக்கிறது. இக் குழாயின் திரை மெல்லிய ஒளிபுகும் உலோக ஏட்டின்மேல் படிந்துள்ளது. இந்த உலோக ஏடு குழாயின் நேர்மின்வாயாகச் செயல்படுகிறது. ஒரு தட்டையான கண்ணாடித் தகட்டின் மேல் அமைந்துள்ள, ஒளி

புகும் வெள்ளி - சீசியம் ஆக்சைடு - சீசியம் ஏடு, குழாயின் எதிர் மின்வாயாக அமைகிறது. குழாய் உறையின் உருவ அமைப்பு, மின்வாய்களுக்கு இடையில் ஏற்படும் கசிவு மின்னோட்டத்தைக் குறைக்கும்படியாக உள்ளது. மின்வாய்களுக்கு இடையே 4000 வோல்ட் மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாக்கப்படுகிறது.



படம் 18. 1
முடுக்க மின்புல பிம்பக் குழாய்.

வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் யாவும் தொடக்கத் திசை வேகம் 0 பெற்றிருந்தால், அவை யாவும் ஒரே மாதிரியான பாதையைக் கடந்து, நேர்மின்வாயில் ஒரே புள்ளியை அடையும். ஆனால் அவை (எதிர்மின்வாயிலிருந்து) குறைவான, தொடக்கத் திசைவேகத்துடன் முன்நோக்கிய எல்லாத்திசைகளிலும் செல்கின்றன. ஆகவே, ஒரு புள்ளியிலிருந்து புறப்படும் எலெக்ட்ரான்கள், நேர்மின்வாயின் ஒரு குறிப்பிட்ட பரப்பின்மேல் விழுகின்றன. இந்த ஒளிவிளக்கப் பரப்பிற்குக் "குழப்பவட்டம்" (disc of confusion) என்பது பெயர். எதிர்மின்வாயின் ஒரு புள்ளியை ஒத்த, இந்த நேர்மின்வாயின் ஒளிவிளக்க வட்டத்தின் விட்டம் D, இரு மின்வாய்களுக்கும் இடையிலுள்ள தொலைவிற்கும் (L) எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்க இயக்க ஆற்றலுக்கும், இறுதி இயக்க ஆற்றலுக்கும் உள்ள விகிதத்தின் இருமடி மூலத்திற்கும் நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. அதாவது,

$$D = 4L\left(\frac{Vr_{max}}{V}\right)^{\frac{1}{2}}$$

இதில் Vr_{max} என்பது ஒளி எதிர்மின்வாய்ப் பரப்பின் பெரும அளவு வெளியேற்று ஆற்றலையும், V என்பது முடுக்க

மின்னழுத்தத்தையும் குறிக்கின்றன. இந்த விட்டம் சிறியதாக இருப்பது நல்லது; எனினும், அதைப் பெரிதும் குறைக்க முடியவில்லை.

எலெக்ட்ரான் ஒளியியல்

குழப்ப வட்டத்தின் விட்டத்தைக் குறைப்பதில் உள்ள இடையூறுகளை, மின்வாயின் தனிப்பட்ட புள்ளிகளிலிருந்து வரும் எலெக்ட்ரான்களைத் தனித்தனியாகக் குவிய வைப்பதன் மூலம் தவிர்க்கமுடிகிறது. மாறுபடும் ஒளிவிலகல் எண் கொண்ட ஊடகங்களில் செல்லும் ஒளிக்கதிரின் பாதையைப் பற்றிய அதே விதிகள், ஒரு மின்புலத்தில் செல்லும் துகளின் பாதைக்கும் பொருந்தும் என்ற உண்மையின் அடிப்படையில், எலெக்ட்ரான்களைக் குவியவைக்கும் முறைகள் பெறப்பட்டன. ஒரு நிலைமின் புலத்தினுள் உள்ள ஒரு புள்ளியில் எலெக்ட்ரானின் விலகல் எண், எலெக்ட்ரானின் திசைவேகம் எந்தப் புள்ளியில் சுழியாகக் குறையுமோ அந்தப் புள்ளியின் மின்னழுத்தத்திற்கும் எடுத்துக்கொண்ட புள்ளியின் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள வேறுபாட்டின் இருமடிக்குச் சமமாகும். ஆகவே, இந்த விலகல் எண், எலெக்ட்ரானின் திசைவேகத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் இருக்கும். அஃதாவது விலகல் எண்,

$$n = V^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{e}{2m}\right)^{\frac{1}{2}} A \cos x.$$

இங்கு A என்பது காந்தப் புலத்தின் வெக்டார் மின்னழுத்தம்; x என்பது வெக்டார் மின்னழுத்தத்திற்கும் எலெக்ட்ரான் செல்லும் திசைக்கும் இடையிலுள்ள கோணம். ஆகவே, எலெக்ட்ரான்கள் விலக்கலை உண்டாக்கும் மின்புலம், காந்தப்புலம் ஆகியவற்றிற்கு ஒளியியல் கொள்கைகளை (principles of light optics) நேரடியாகக் கையாளலாம். ஒளிக் கதிர்களின்மேல் ஒரு வில்லை அமைப்பு எவ்வாறு செயல்படுகிறதோ அதேமாதிரி சமச்சீரான அச்சுக்கொண்ட (axially symmetric) மின்புலமும் காந்தப்புலமும் செயல்படுகின்றன.

நிலை மின்புல வில்லைகள்

இரண்டு ஓரச்சு உருளைகளை வெவ்வேறு மின்னழுத்தங்களுடன் இணைத்தால், அவற்றிற்கிடையே ஓர் எளிய எலெக்ட்ரான் வில்லை அமைகிறது. இதில் உண்டாகும் பிம்பத்தின் நிலையும், அதன் உருப் பெருக்கமும், ஒளியியல் வில்லைகளுக்கான சமன்பாட்டின்படியே கிடைக்கப்பெறுகின்றன. இந்தச் சமன்

பாட்டில், பொருள் அமையும் புள்ளியின் மின்னழுத்தத்தின் இருமடி மூலம் பொருள் அமையும் புள்ளியிலுள்ள ஒளிவிலகல் எண்ணின் இடத்தைப் பெறுகிறது; பிம்பப் புள்ளியின் மின்னழுத்தத்தின் இருமடி மூலம் பிம்பம் அமையும் புள்ளியிலுள்ள ஒளி விலகல் எண்ணின் இடத்தைப் பெறுகின்றன. அஃதாவது,

$$\frac{V_0^{\frac{1}{2}}}{u} - \frac{V_i^{\frac{1}{2}}}{v} = \frac{V_0^{\frac{1}{2}}}{f_0} = \frac{V_i^{\frac{1}{2}}}{f_i}$$

$$M = \frac{v}{u}\left(\frac{V_0}{V_i}\right)^{\frac{1}{2}}$$

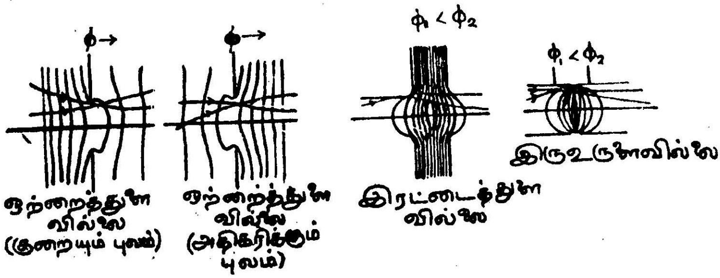
இங்கு u என்பது பொருளுக்கும் வில்லைக்கும் இடையிலுள்ள தூரம்; v என்பது வில்லைக்கும் பிம்பத்திற்கும் இடையிலுள்ள தூரம்; V_0 என்பது பொருள் அமையும் புள்ளியின் மின்னழுத்தம்; V_i என்பது பிம்பம் அமையும் புள்ளியின் மின்னழுத்தம்; f_0 என்பது பொருள் பக்கக் குவியத்தூரம்; f_i என்பது பிம்பப் பக்கக் குவியத்தூரம்; M என்பது உருப்பெருக்கம் (magnification).

இத்தகைய எலெக்ட்ரான் வில்லைகளை, இரு தொளைகளைக் கொண்டோ அல்லது ஓர் உருளையையும் ஒரு தொளையையும் கொண்டோ அமைக்கமுடியும். ஒரே மின்னழுத்தம்கொண்ட இரு மின்வாய்களுக்கு இடையே ஒரு மூன்ருவது மின்வாயை வைத்தால் ஒரு சீரான மின்னழுத்த வில்லை அமைகிறது. மாருக, வெவ்வேறு புல வலிமைகொண்ட பரப்புகளுக்கு இடையில், தொளையுள்ள ஒற்றை மின்வாயை வைத்தால், எலெக்ட்ரான் தொளையினுள் செல்லும்போது, வில்லை குவிக்கும் தன்மையை அல்லது வரிதரும் தன்மையைப் பெறுகிறது. இது எலெக்ட்ரான் தொளையினுள் செல்லும்போது சந்திக்கும் புலத்தின் அதிக வலிமை அல்லது குன்றிய வலிமையைப் பொறுத்தது. வெவ்வேறு அமைப்புக்கொண்ட நிலைமின்புல வில்லைகளில் எலெக்ட்ரான் செல்லும் பாதை படம் 18.2-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

காந்தப்புல வில்லைகள்

காந்தப் புலத்தில் எலெக்ட்ரானின் விலகல் எண், எலெக்ட்ரான் செல்லும் திசையைப் பொறுத்தது. சிறிய காந்தப் புல வில்லையின் அச்சுக்கு இணையாகப் படும் எலெக்ட்ரான் கதிர், முதலில் காந்தப் புலத்தின் ஆரக்கூறுல் (radial component) கிடைமட்டத் திசையில் விலக்கம் (azimuthal deflection) பெறுகிறது. இப்படி, எலெக்ட்ரான் கதிரின் திசை வேகத்திற்கு ஒரு கிடைமட்டத் திசைக்கூறு உண்டான பிறகே, காந்தப் புலத்தின்

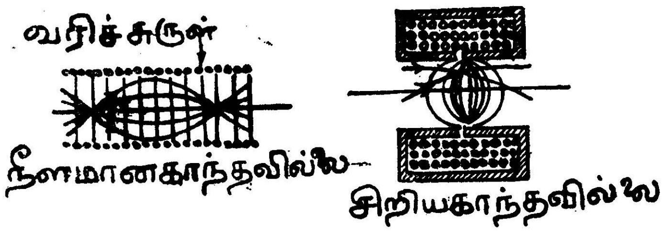
ஆரக்கூறு எலெக்ட்ரானை, அச்சை நோக்கி வளையச் செய்கிறது. ஆகவே, ஒரு காந்தப் புல வில்லை, எலெக்ட்ரான் கதிர்களைக்



படம் 18. 2

வெவ்வேறு எலெக்ட்ரான் வில்லைகளில் எலெக்ட்ரானின் பாதை.

குவியச் செய்வதுடன், பிம்பமுண்டாக்கும் எலெக்ட்ரான்களைச் சுழலவும் செய்கிறது. செறிவுமிக்க காந்தப்புல வில்லை சிறிதளவு பிம்பச் சுழற்சியை உண்டாக்குகிறது. செறிவு குறைவாக உள்ள காந்தப்புல வில்லையில், அஃதாவது காந்தப்புலம் சீராக உள்ளபோது, உண்டாக்கப்படும் சுழற்சி 180°; ஆகையால் பிம்பம் நேரானதாக இருக்கும்.



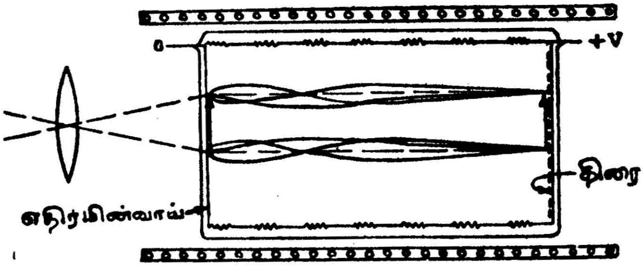
படம் 18. 3

காந்த வில்லைகளில் எலெக்ட்ரான் பாதை.

ஒரு நீண்ட வரிச்சுருளைக்கொண்டு, ஒரு சீரான காந்தப் புலத்தை உண்டாக்கலாம். ஒரு ஃபெர்ரோகாந்தப் (ferro-magnetic) பொருளாலான கூட்டிற்குள் ஒரு கம்பிச் சுருளை வைப்பதால், நீளம் குறைவான காந்தப்புல வில்லை உண்டாக்கப் படுகிறது. இவை படம் 18. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

நீளமான காந்தக் குவிப்புப் பிம்பக் குழாய்கள்

ஒரு சீரான முடுக்க நிலேமின் புலத்துடன் ஒரு சீரான காந்தப் புலத்தை மேற்பொருத்தி, எளிய காந்தக் குவிப்புப் பிம்பக்குழாய் அமைக்கப்படுகிறது. இதன் அமைப்பு, படம் 18. 4 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சீரான காந்தப்புலம், குழாயைச் சூழ்ந்துள்ள வரிச் சுருளால் உண்டாக்கப்படுகிறது. உருளை வடிவக் குழாயின் உட்சுவர், ஒரு மின் தடைப் பசையால் பூசப்பட்டு அதன் ஒரு நுனி ஒளி எதிர்மின்வாயுடனும், இன்னொரு நுனி நின்றொளிர் திரையான நேர்மின்வாயுடனும் இணைக்கப்பட்டுச் சீரான முடுக்க மின்புலம் உண்டாக்கப்படுகிறது. நடைமுறையில், மின் தடைப் பூச்சுகளுக்குப் பதிலாக, ஒரே அளவுள்ள மின் தடைகளுடன்



படம் 18. 4
நீளமான காந்தக் குவிப்புப் பிம்பக்குழாய்.

இணைக்கப்பட்ட உலோக வளையங்கள் சம இடைவெளிகளில் பொருத்தப்படுகின்றன. எலெக்ட்ரான் எதிர் மின்வாயிலிருந்து திரையை அடையும் நேரமும், காந்தப் புலத்திற்கு நேர்க்குத்துத் திசையில் செல்லும் எலெக்ட்ரான் ஒரு முழு வட்டத்தை உண்டாக்க எடுத்துக்கொள்ளும் நேரமும் சமமாகும்படி, எதிர் மின்வாய்க்கும் திரைக்கும் உள்ள தொலைவு முடுக்கத்தை உண்டாக்கும் மின்னழுத்தம், காந்தத் தூண்டுதல் ஆகிய மூன்றும் சரி செய்யப்படுகின்றன. அப்போது,

$$\frac{d}{\frac{1}{2}\left(\frac{2eV}{m}\right)^{\frac{1}{2}}} = \frac{2\pi m}{eB}$$

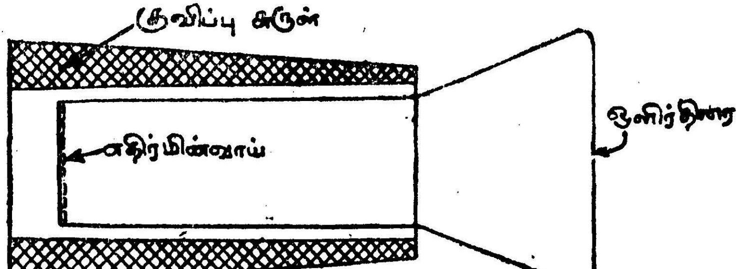
$$\therefore d = \frac{\pi}{B}\left(\frac{2mV}{e}\right)^{\frac{1}{2}}$$

இதில் d என்பது எதிர்மின்வாய்க்கும் திரைக்கும் உள்ள தூரம்; v என்பது முடுக்க மின்னழுத்தம்; B என்பது காந்தத் தூண்டல் (magnetic induction).

எதிர் மின்வாய்ப் பரப்பிற்கு நேர்க்குத்துத் திசை வேகக் கூறு ஒரே அளவாக இருக்கும்படி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப் பட்டால், அப்போது எதிர்மின்வாயின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து வெளிப்படும் எல்லா எலெக்ட்ரான்களும், வரிச்சுருளின் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு மின்னோட்டத்தினால், திரையின் ஒரே புள்ளியில் ஒன்று சேரும்படி செய்யமுடியும். ஆனால், எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்கத் திசை வேகத்தின் நேர்க் குத்துக் கூறினால் உண்டாகும் இயக்க ஆற்றல் ஓர் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் எல்லைக்குள் மாறு படுகிறது.

ஆகவே, எதிர் மின்வாயின் ஒரு புள்ளியிலிருந்து புறப் படும் எலெக்ட்ரான்கள் திரையில் ஒரே புள்ளியில் ஒன்று சேராமல், ஒரு 'குழப்ப வட்டத்தை' உண்டாக்குகின்றன. இந்தக் குழப்ப வட்டத்தின் விட்டம், மின்வாய்களுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவிற்கும் முடுக்கத்தை உண்டாக்கும் மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள விகிதத்திற்கு நேர் விகிதத்திலிருக்கும். மின்வாய்களுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவு 0·1 மீட்டர், முடுக்க மின்னழுத்தம் 4000 வோல்ட், ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் தொடக்க இயக்க ஆற்றல் மாறுபாடு ஓர் எலெக்ட்ரான் வோல்ட் எல்லை என்ற அளவுகளில் இருக்கும்போது, குழப்ப வட்டத்தின் விட்டம் 0·000025 மீட்டரா கிறது. இது, நிலை மின்புலக் குவிப்பால் உண்டாக்கப்படும் குழப்ப வட்டத்தின் விட்டத்தைப்போல 25 மடங்காகிறது.

இன்னும் நல்ல பலனைப்பெற, சீராக இல்லாத முடுக்க முண்டாக்கும் மின்புலங்களைப் பயன்படுத்தலாம். அப்படிப்பட்ட



படம் 18. 5

பிறழ்ச்சி குறைக்கும் காந்தக்குவிப்புப் பிம்பக்குழாய்

குழாயின் அமைப்பு, படம் 18. 5 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் மின்புல விசைக்கோடுகள் விரிவடைவதால் (diverge), தொடக்கத்

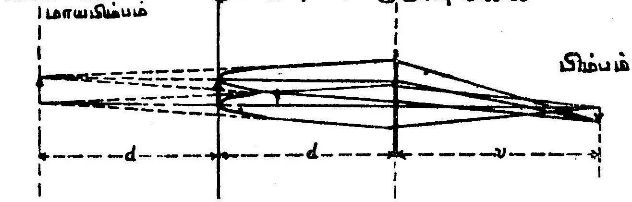
திசை வேகம் 0 - வாகக்கொண்டு எதிர்மின்வாயிலிருந்து புறப் படும் எலெக்ட்ரான்களின் பாதைகளும் விரிவடைகின்றன.

இந்த விரிவடைதல் குறைவாகவே உண்டாகிறது. இப்போது இந்த மின்புலத்தின்மீது முதன்மை எலெக்ட்ரான் கதிர்களுடன் காந்த விசைக்கோடுகள் ஒன்றியிருக்கும்படி ஒரு காந்தப் புலத்தை மேற் பொருத்தினல் (superpose), அக் கோடுகளின் வழியாகச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் காந்தப் புலத்திஞல் பாதிக்கப் படுவதில்லை. ஆனல் அதே சமயத்தில், சிறிய பக்கத் திசைவேகக் கூறுகள்கொண்ட எலெக்ட்ரான்களைக் காந்தப்புலம் குவியச் செய்கிறது. இந்தக் குவிப்பு, சீரான புலத்தில் உண்டாவது போலவே செய்யப்படுவதால், பொருளின் தெளிவான, நேரான, பெருக்கமுற்ற பிம்பம் திரையில் உண்டாக்கப்படுகிறது.

சிறிய காந்தக் குவிப்புப் பிம்பக் குழாய்கள்

எதிர்மின்வாயின் மேல் அமைந்த மூல பிம்பத்தின் உரு வத்தைவிட மிகப் பெரியதாகவோ அல்லது மிகச் சிறியதாகவோ உள்ள எலெக்ட்ரான் பிம்பங்களை எலெக்ட்ரான் பாதையின் குறைந்த அளவு தொலைவிலேயே குவிக்கக்கூடிய காந்தப்புல வில்லைகளைக்கொண்டு திரையின் மேல் பெறமுடியும். அப்படிப் பட்ட குழாய் இயங்கும் விதம் படம் 18. 6-ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் எதிர்மின்வாய்க்கும் வில்லையின் பயனுறு நிலைக்கும் உள்ள இடைவெளியில் எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு சீரான மின்புலத்திஞல் முடுக்கமூட்டப்படுகின்றன. இங்கு அவை, எதிர்மின்வாய்த் தளத்திற்கு அருகில் உச்சிகளைப் பெற்றுள்ள பரவளையப் பாதை களிற் செல்கின்றன.

ஒரு பரவளையத்தின் தொடுகோடு, அதன் அச்சை, அதன் உச்சியிலிருந்து முன் புறத்தில் தொடுபுள்ளி அச்சின்



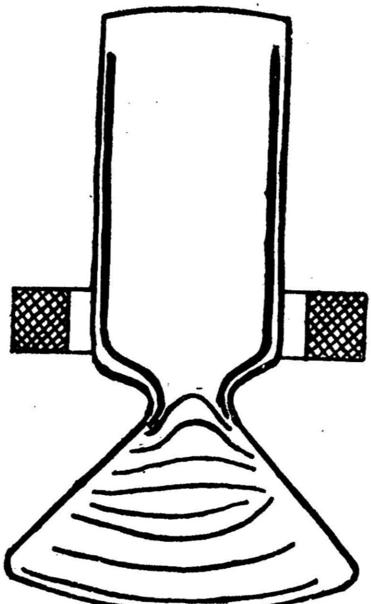
படம் 18. 6
குறைநீள வில்லை கொண்ட பிம்பக்குழாய் இயங்கும் விதம்.

மேல் எவ்வளவு தொலைவில் உள்ளதோ அதே தொலைவில் உச்சியின் பின்புறத்தில் வெட்டுகிறது. மேல் விழும் எலெக்ட்ரான்

கதிர்கள் வில்லையிலிருந்து $2d$ தொலைவில், V மின்னழுத்தம் கொண்ட ஒரு தோற்றப் பொருளிலிருந்து வருவதாகக் கொள்வோம். ஆகவே, வில்லையிலிருந்து $2d$ என்ற தொலைவில் உள்ள பொருளின் பிம்பத்தை வில்லையின் நிலையிலிருந்து v தொலைவில் உள்ள திரையின்மேல் உண்டாக்கக்கூடியதாக வில்லை இருக்கும். அதாவது உருப்பெருக்கம்,

$$M = \frac{v}{2d}$$

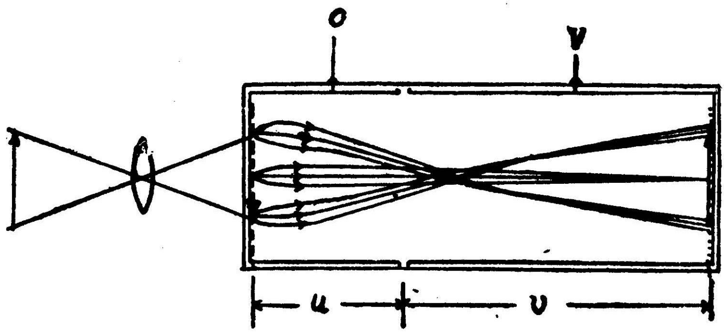
இந்த அமைப்பில் உண்டாகும் பிம்பங்கள் இரண்டு காரணங்களால் தெளிவற்றதாக இருக்கும். முதலாவதாக, எதிர்மின்வாயின் தோற்றத் தொலைவு தொடக்கத் திசைவேகத்தின் அச்சுக் கூறுக்கும், இறுதித் திசை வேகத்திற்கும் உள்ள விகிதப்படி மாறுகிறது. இதனால் குழப்ப வட்டத்தின் விட்டம் மிக அதிகமாகிறது.



படம் 18. 7
குறைநீளக் காந்தக்குவிப்பு வில்லை கொண்ட பிம்பக்குழாய்.

இரண்டாவதாக, மென் வில்லைகளில் (thin lenses), தொடக்க, இறுதி இயக்க ஆற்றல் விகிதப்படி குவியத் தூரம் மாறுபடுகிறது;

முன்னர்க் கூறப்பட்ட உருப்பெருக்கத்திற்கான சமன்பாடு ($M = v/2d$) எல்லாவகையான பிம்பக் குழாய்களுக்கும் பொருந்து கிறது. முக்கியமாகப் படம் 18.7-ல் காட்டப்பட்டுள்ள, குறை வான குவியத் தூரக் காந்தவில்லை அமைப்புக்கு மிகவும் பொருந்து கிறது. மேலும் 18.8, 18.9 ஆகிய படங்களில் காட்டப்பட்டுள்ள பிம்பக் குழாய் அமைப்புகளுக்கும் இந்தச் சமன்பாடு பொருந்து கிறது. படம் 18.8-ல் காட்டப்பட்டுள்ள அமைப்பில், எதிர் மின்னழுத்தம் கொண்ட உருளை u அளவு நீளமுள்ளதாகவும், நேர் மின்னழுத்தம் கொண்ட இன்னோர் உருளை v அளவு நீள முள்ளதாகவும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இந்த இரு உருளைகளும் சந்திக்கும் இடம், வில்லையின் பயனுறு நிலையாகும். இதில்

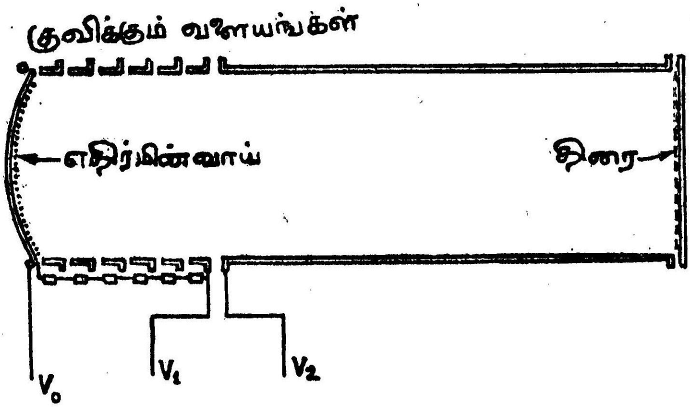


படம் 18.8
மாறுக் குவிய நிலைமின் பிம்பக்குழாய்.

ஏற்படும் பிம்பத்தின் நிலை, நேர்மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்த தன்று. ஆகவே, குழாய்களை மிகச் சரியாகப் பொருத்தினால்தான் தெளிவான பிம்பம் உண்டாகும்.

மேலும், இக்குழாயில் "குண்டூசிச் செருகணை உருக்குலைவு" (pincushion distortion) என்ற குறை உள்ளது. அதாவது பிம்பத்தின் விளிம்புகள் தெளிவற்று இருக்கும். இந்தக் குறை களைப் படம் 18.9-ல் காட்டியுள்ள அமைப்பு நீக்குகிறது. இதில் எதிர்மின்வாய் உருளைக்குப் பதிலாக, மின்தடைகளுடன் இணைக் கப்பட்ட வளையங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. நேர்மின்வாய் உருளைக்கு அருகிலுள்ள வளையத்தின் இணைப்பு, குழாய் உறைக்கு வெளிப்புறம் கொண்டு வரப்பட்டுள்ளது. இந்த வளையத்தின் மின்னழுத்தத்தை மாற்றுவதால், வில்லையின் குவிக்கும் திறனை மாற்றித் திரையில் தெளிவான பிம்பத்தை உண்டாக்க முடியும். இந்த வளையத்திற்கு ஒரு துணை நேர் மின்னழுத்தம் கொடுத்தால், வில்லையின் குவிக்கும்

திறன் குறையும்; ஒரு துணை எதிர் மின்னழுத்தம் கொடுத்தால் குவிக்கும் திறன் அதிகரிக்கும். எதிர்மின்வாய் — வில்லை



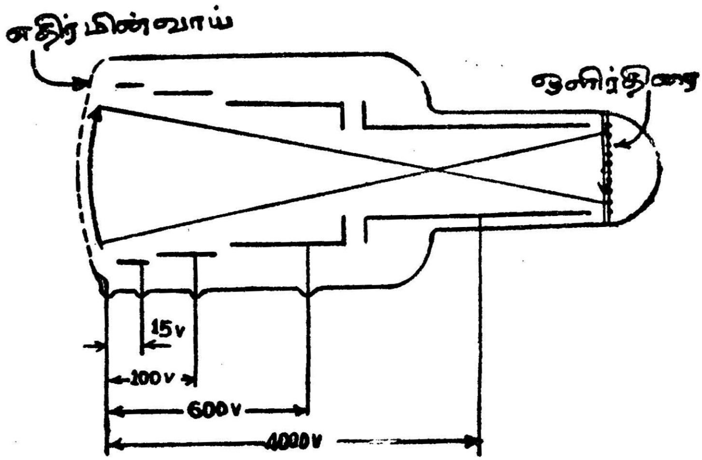
படம் 18. 9
மாறும் குவிய நிலைமின் பிம்பக்குழாய்.

தொலைவிற்குச் சமமான வளைவு ஆரம் உள்ளபடி எதிர்மின் வாயை வளைத்து வைப்பதால், பிம்பத்தில் ஏற்படும் உருக்குலைவும் தெளிவற்ற நிலையும் குறைக்கப்படுகின்றன.

இதே முறையில் அமைக்கப்பட்ட, புறச் சிவப்பு ஒளி போன்ற மிகக் குறைவான ஆற்றலுள்ள ஒளியிலும், ஒளி எதிர்மின்வாய் உண்டாக்கும் பிம்பத்தை மிகப் பிரகாசமானதாக்கும் பிம்பக் குழாயின் அமைப்பு, படம் 18. 10 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் இரண்டாவது அல்லது மூன்றுவது வளையத்தின் மின்னழுத் தத்தை மாற்றுவதால், எலெக்ட்ரான் கதிர்கள் குவிக்கப்படு கின்றன. பிம்பத்தில் ஏற்படும் குறைகளை, எதிர்மின்வாயின் வளைவும், மின்வாய்கள் பொருத்தப்பட்டுள்ள நிலைகளும் குறைக் கின்றன. திரையில் ஏற்படும் பிம்பத்தின் அளவு, ஒளி எதிர்மின் வாய் பிம்பத்தின் அளவைவிடச் சிறியதாக உள்ளது.

இப்படித் திரையின் ஓரலகு பரப்பின் எலெக்ட்ரான் மின் னோட்டமும், பிம்பத்தின் பிரகாசமும் அதிகரிக்கப்படுகின்றன. பிம்பத்தின் தோற்றப் பரிமாணங்கள் இதற்குமேல் பிரகாசம் குறையாமல், ஓர் உருப்பெருக்கியின் உதவியால் அதிகரிக்கப்படு கின்றன. திரை படிந்துள்ள அரைக்கோள வடிவக் கண்ணுடியே உருப்பெருக்கியின் ஒரு பகுதியாக அமைகிறது. இதனுல் உண்டா கும்பிம்பத்தின்தெளிவு, ஒளி எதிர்மின்வாயில் உள்ள 1000 கறுப்பு வெள்ளைக் கோடுகளைப் பகுத்துக் காட்டக்கூடிய அளவு உள்ளது.

இப்படி அமைக்கப்பட்ட ஒரு குழாயின் எதிர்மின்வாய், ஒளி புகும் வெள்ளி — சீசியம் ஆக்சைடு — சீசியம் ஏட்டால் ஆனது.



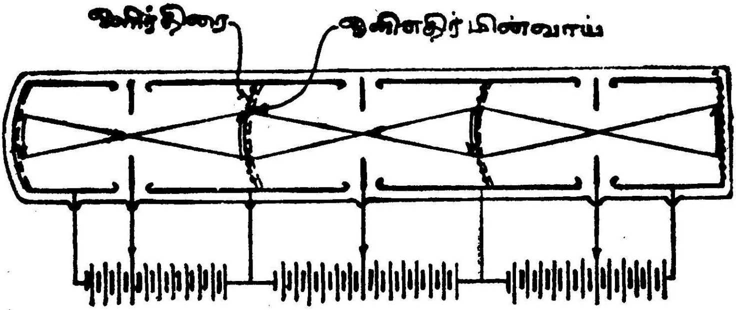
படம் 18. 10
நிலைமின் பிம்பக்குழாயின் மின்வாய் அமைப்பு.

இது 8500 A.U. அலை நீளமுள்ள புறச் சிவப்பிலும் உணர்திறனுள்ளது. இதன் பயன் தொடக்க நிலை 12,000 - லிருந்து 14,000 A.U. - க்குள் உள்ளது. இந்தக் குழாய் 20 கிலோ வோல்ட் மின்னழுத்தத்தில் செயல்படும்போது, ஒளி எதிர்மின்வாயில் படும் ஒளிச் செறிவைப் போலப் பத்து மடங்குச் செறிவுள்ள பிம்பம் திரையில் கிடைக்கிறது.

பிம்பத்திற்கு இன்னும் அதிகமான பிரகாசத்தை உண்டாக்கப் படம் 18. 11 - ல் உள்ள அமைப்புப் பயன்படுகிறது. இதில் பிம்பக் குழாய் இரண்டு அல்லது அதிகமான பகுதிகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளது. ஒளி எதிர் மின்வாயில் படும் ஒளி ஆற்றலைவிட அதிகமான வெளிவிடு அளவு கொடுக்கக்கூடியவாறு ஒவ்வொரு பகுதியும் அதிகமான மின்னழுத்தங்களில் இயக்கப்படுகின்றன.

இக் குழாயின் இடைநிலைத் திரைகள், இங்குப் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள ஆன்டிமனி — சீசியம் எதிர்மின்வாய்க்கு உகந்த நீல, பச்சை ஒளியை வெளிவிடுகின்றன. தடுப்புகளின் எதிர்ப்புறங்களில் 30 மைக்ரான் தடிப்பளவிற்குத் திரையும் எதிர்மின்வாயும் படிய வைக்கப்பட்டுள்ளன. திரையிலிருந்து அதற்கு

முந்திய எதிர் மின்வாய்க்கு ஏற்படும் ஒளியின் பின்னூட்டம் (feedback), திரையின்மேல் ஒரு மெல்லிய அலுமினிய ஏட்டைப்



படம் 18. 11
அடுக்குப் பிம்பக் குழாய்.

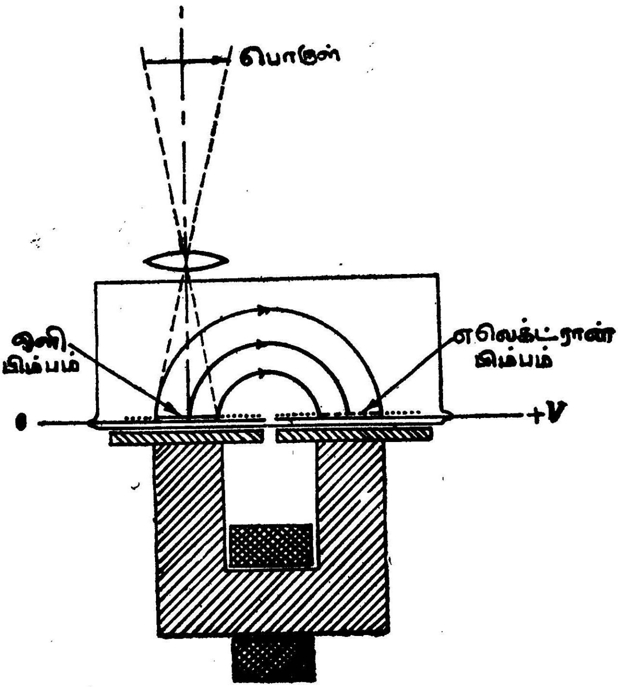
படியவைப்பதால் தடுக்கப்படுகிறது. இதனால் குழாயின் செயல் திறம் அதிகரிக்கிறது. இப்படிப்பட்ட அடுக்கு — பிம்பக் குழாய் களால், மூலக் காட்சியின் பிரகாசத்தைவிட அதிகமான பிரகாச முள்ள பிம்பங்களை உண்டாக்கமுடியும். இது சாதாரண ஒளியியல் அமைப்புகளால் செய்ய முடியாத சாதனையாகும்.

உருளை வடிவப் புலமுடைய பிம்பக் குழாய்

சில பிம்பக் குழாய்களில், எதிர்மின்வாயும் திரையும் பொருத்தப்பட்டுள்ள நிலைகளின் காரணமாக, காந்தப் புலத்தையும் மின்புலத்தையும் ஒரே அச்சில் செயல்படுத்த முடிவதில்லை. அப்போது, மேற்பொருத்தப்பட்ட உருளை வடிவக் காந்த, மின் புலங்களின் பிம்பப்படுத்தும் பண்புகள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. இதைச் செய்யக்கூடிய அமைப்பு, படம் 18. 12-'ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இதில் மின்வாய்களும் காந்தமுனை முகப்புகளும் ஒரே தளத் தில் உள்ளன. காந்தப்புல விசைக் கோடுகளும், மின்புல விசைக் கோடுகளும் அரை வட்டங்களாக உள்ளன. அவற்றின் மையங்கள் மின்வாய்களைப் பிரிக்கும் கோட்டின்மேல் உள்ளன. காந்தப் புலம் மிக்க வலிமையோடிருந்தால், எலெக்ட்ரான் நீளம் குறை வான விசைக் கோட்டின் வழியாகச் செல்லும்போது, எலெக்ட் ரான் ஒரு முழுக் கண்ணி வடிவப் (loop) பாதையில் செல்லுவதால், காந்தப் புலத்தின் குவிக்கும் செயல் சீரான காந்தப்புலப் பிம்பக் குழாயினதை ஒத்துள்ளது. கண்ணிகளின் எண்ணிக்கை குறையும்

போது, விசைக் கோடுகளின் பொது அச்சின் திசையில் பிம்பத்திற்கு ஒரு சறுக்குப் பெயர்ச்சி உருக்குலைவு (shear distortion)



படம் 18. 12
மேற்பொருந்திய உருளை வடிவப் புலம்கொண்ட பிம்பக்குழாய்.

உண்டாகிறது. இதனால் பிம்பத்தின் தெளிவு படிப்படியாகக் குறைகிறது. இக் குறைபாட்டால் இத்தகைய பிம்பக் குழாய் அதிகம் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

19. கடத்தி - ஒளிமின்கலம்

ஒளியூட்டத்தின் காரணமாக மின்கடத்தும் திறன் மாறுபடும் பொருள்கள் உள்ளன. இத்தகைய பொருள்களைப் பயன்படுத்தும் ஒளிமின்கலங்கள் கடத்தி - ஒளிமின்கலங்கள் (photoconductive cells) எனப்படுகின்றன.

ஒளியின் நிறத்தையும் செறிவையும் பொறுத்து அப் பொருள்களின் மின்தடை ஒரு வரையறுக்கப்பட்ட முறையில் மாறுபடுகிறது. இத்தகைய கடத்தி - ஒளிமின் விளைவு கி.பி. 1873 - ஆம் ஆண்டு வில்லோபி ஸ்மித் என்பவரால் முதன்முதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அட்லான்ட்டிக் பெருங் கடலின் இரு கரைகளுக்கும் தந்தித் தொடர்பு அமைக்கும் ஒரு சோதனை மின்சுற்றில் அவர் செலினியம் தண்டுகளை அதிமின்தடையாகப் பயன்படுத்தினர். இந்தச் செலினியத் தண்டு (selenium rod) சூரிய வெளிச்சத்திலோ, செயற்கை வெளிச்சத்திலோ உள்ளபோது அதன் மின்தடை பெரிதும் குறைந்து அது ஒரு நல்ல மின்கடத்தியாக மாறுவதை அவர் கண்டார்.

செலினியம்

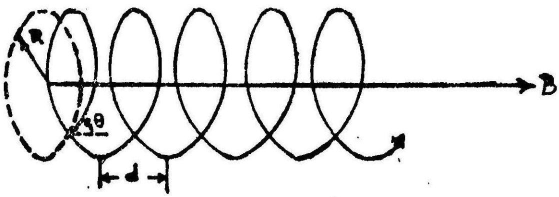
செலினியம் என்ற தனிமம் கி.பி. 1817 - ல் பெர்ஸேலியஸ் (Berzelius) என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. அதன் பின்னர் அதன் எல்லாப் பண்புகளும் ஆராயப்பட்டன. இது மின்கடத்திகளுக்கும் மின்காப்பான்களுக்கும் இடையில் உள்ள எல்லையில் அமைந்துள்ளது. தனிம வரிசை அட்டவணையில் (periodic table) இது, உலோகமான டெலூரியத்திற்கும் உலோகமற்ற கந்தகத்திற்கும் இடையில் உள்ளது. இதன் அணு எடை 79·13 ஆகவும், கொதிநிலை 688°C ஆகவும், உருகுநிலை 220°C ஆகவும் காணப்பட்டுள்ளன. எல்லா வகைகளிலும் செலினியம் ஒரு மின்கடத்தாப் பொருள்தான்; ஆனால், இருட்டிலும் ஒளியூட்டத்

திலும் அதன் கடத்தும் திறனில் ஏற்படும் மாறுபாடு மிக முக்கியமானது.

செலினியம் மின்கலம்

செலினியத்தின் கடத்தி - ஒளிமின் தன்மையைப் பயன்படுத்தப் பலவகையான அமைப்புள்ள செலினியம் கலங்கள் உருவாக்கப்பட்டுள்ளன. செலினியம் ஓர் ஒளி புகாப் பொருள்; அதனுள் ஒளி ஒரு சிறு ஆழத்திற்குத்தான் ஊடுருவ முடியும். ஆகவே, மின்தடையை அதிகரிக்காமல், தேவையான அளவு பரப்பில் ஒளிபடும்படி செய்யப்படுகிறது. மேலும் எல்லாக் கடத்தி - ஒளிமின்கல அமைப்புகளிலும், இரண்டு மின்வாய்களை இணைக்க (join) ஒரு குறைகடத்தித் தனிமம்தான் பயன்படுகிறது.

தொடக்க காலத்தில் கடத்தி - மின்கலங்களின் மின்வாய்கள் ஒன்றிற்குள் ஒன்று ஊடுருவும் தட்டுகளாக அமைக்கப்பட்டன. இப்படி அமைப்பதற்கு இரண்டு கம்பிகளையும் ஒரு மின்கடத்தா உருளையின்மேல் ஒன்றையொன்று தொடாமல் சுற்றப்படுகின்றன; அல்லது மின்கடத்தாப் பரப்பின்மேல் ஒரு மின்கடத்தும் பூச்சினுள் படம் 19. 1 - ல் காட்டியுள்ளதுபோல, வளைத்து



படம் 19. 1

செலினியம் இணைப்பு உண்டுபண்ணம் உதவும் ஒருவகை கிரிட்.

வளைத்துக் கம்பி சுற்றப்படுகிறது. பிறகு இந்த அமைப்பின் மேல் கண்ணாடி போன்ற படிக உருவமுடைய (vitreous) செலினியப் பூச்சுப் பரப்பப்படுகிறது. இந்தச் செலினியப் பூச்சு மின்கடத்தும் பரப்பு, மின்கடத்தாப் பரப்பு ஆகியவற்றின் மேல் ஒரு கறுப்புப் பரப்பாக அமைகிறது. பிறகு இந்த முழு அமைப்பும் 210°C - க்கு அதிகமாகாமல் சூடேற்றப்பட்டுப் பலமணி நேரத்திற்குப்பண்படுத்தப்படுகிறது (annealed). இப்போது செலினியம் சாம்பல்நிறப்படிக அமைப்பைப் பெற்றுப் போதிய அளவு ஒளி உணர் திறனையும், மின்கடத்துந் திறனையும் பெறுகிறது.

இதைவிட ஒரு திருப்திகரமான முறை உள்ளது. அதில் கண்ணாடி மேலுள்ள தங்கம் அல்லது பிளாட்டினம் கிரிட்டின்மேல் வெற்றிடத்திலோ அல்லது செயலற்ற (inert) வாயுச் சூழலிலோ செலினியம் வடிகட்டி அமைக்கப்படுகிறது. இம் முறையில் செலினியம் சாம்பல்நிறப் படிகமாக அமைவதற்கு, கண்ணாடித்தட்டு வேண்டிய அதி வெப்ப நிலையில் வைக்கப்பட்டிருக்க வேண்டும். மிக மெல்லிய ஏடு படிந்தவுடன் செலினிய இணைப்பு (bridge) முழுமையடைகிறது. பிறகு அதைக் காற்றிலிருந்து பாதுகாக்க, வெற்றிடக் குழாயினுள் பொருத்தியோ அல்லது பாரஃபின் மெழுகுப் பூச்சுக் கொடுத்தோ வைக்கவேண்டும். ஹீலியம் நிரப்பப்பட்டால், செலினியம் இணைப்புக் குளிர்ச்சியடைந்து, மின்கலத்தின் மின்திறன் அதிகரிக்கும்.

ஒரு மின்னழுத்த மூலம், ஓர் அளவி ஆகியவற்றுடன் தொடரிணைப்பு முறையில் ஒரு செலினிய மின்கலம் சேர்க்கப்பட்டால், அது ஒளியூட்டம் பெறாதபோதும், மின்சுற்றில் சிறிது மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. ஒளியூட்டம் கொடுக்கும்போது, மின்சுற்றில் மின்னோட்டம் மிகுந்த அளவில் அதிகரிக்கிறது. இந்த மின்னோட்டத்திற்கும், ஒளியூட்டம் இல்லாதபோதுள்ள மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள விகிதம் அமைப்பின் உணர்வுநுட்பத்தைக்கொடுக்கிறது. செலினிய மின்கலத்தின் பயனுறு உணர்வு நுட்பம் அதற்குக் கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது. எனவே, மின்கலம் கெட்டுப் போகாதவாறு, இயன்ற அளவு அதிக மின்னழுத்தங்களில் இஃது இயக்கப்படுகிறது.

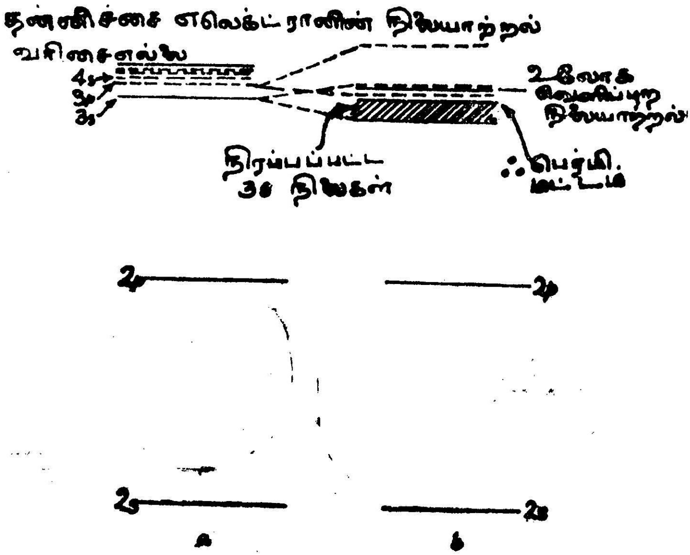
கடத்தல் இயக்கம்

கடத்தி - ஒளிமின் தன்மையுள்ள பல பொருள்களில் செலினியமும் ஒன்று. நடைமுறையில் உள்ள எல்லா ஒளிமின் கடத்திகளும் (photoconductors) குறைகடத்திகளாகும். அவற்றின் வழியாக மிகச் சிறிய, ஆனால் தவிர்க்க முடியாத அளவு, மின்னோட்டம் நிகழும். அவை இருட்டில் வைக்கப்பட்டு மின்புலம் உண்டாக்கப்பட்டால், இந்த மின்னோட்டம் வெப்ப நிலையுடன் அதிகரிக்கும். உலோகங்கள், குறைகடத்திகள், காப்பான்கள் ஆகியவற்றை, அவற்றின் எலெக்ட்ரானிக் அமைப்புகளைக் கொண்டு பாகுபடுத்தி உணரமுடியும்.

குவாண்டம் கொள்கைப்படி, ஒரு தனித்த அணுவின் ஒரு வரையறுக்கப்பட்ட குவாண்டம் நிலையின் ஏதாவதொரு வரிசை முறையில், ஒரே ஓர் எலெக்ட்ரான் மட்டும் இடம்பெற்றிருக்கும்.

இந்தக் குவாண்டம் நிலைகள் கூடுகளாக (shells) வகைப்படுத்தப் பட்டுள்ளன. ஒரே கூட்டுக்குள் இருக்கும் குவாண்டம் நிலைகள், ஆற்றலில் சிறிதளவு வேறுபட்டிருக்கும். இயல்பான அணுவில், கீழ் ஆற்றல் நிலைகள் (low energy states) எலெக்ட்ரான்களால் நிரப்பப்பட்டும், மேல் ஆற்றல் நிலைகள் (states of high energy) எலெக்ட்ரான்கள் இடம் பெருமலும் இருக்கின்றன.

இந் நிலைகளைப் படம் 19. 2 a - காட்டுகிறது. ஒரே படிகத்தில், முடிந்த அளவு அணுக்கள் ஒன்றுசேர்க்கப்படுவதால், அணுக்களின் உள் இடைவிளையால், அவற்றின் குவாண்டம் நிலைகள் மாற்றி அமைக்கப்படுகின்றன. ஆகவே, தனித்த அணுவின் ஏதாவதொரு குவாண்டம் நிலை உடைந்து குவாண்டம் நிலைகளின்



படம் 19. 2
குவான்டம் மட்டங்கள் (a) தனித்த அணு (b) சோடியம் போன்ற ஒற்றை இணை திறன் உள்ள படிகம்.

பட்டையாக (band of quantum states) மாற்றி அமைக்கப்படுகிறது.

இந்தக் குவான்டம் நிலைகளின் பட்டையில், படிகத்தில் எத்தனை அணுக்கள் உள்ளனவோ அத்தனை தனித்த குவான்டம் நிலைகள் இருக்கும். மிகக் குறைந்த கீழ் ஆற்றல் நிலைகளின் உள்ளிடை வினை சிறியதாகையால், அவற்றின் ஆற்றல் பட்டைகள் (energy bands) மிகக் குறுகியதாக இருக்கும். மாருக,

வெளிக் கோடிக் கூட்டிலுள்ள (outermost shell) அல்லது இணை திறனுள்ள (valence) எலெக்ட்ரான்களுக்கு, ஆற்றல் பட்டைகள் அகலமான எல்லை பெற்றுள்ளன. ஆகவே, ஒரே கூட்டைச் சேர்ந்த ஆற்றல் நிலைகளின் பட்டைகள், படம் 19. 2 b - யில் உள்ளதுபோல, ஒன்றன்மேல் ஒன்று பொருந்துகின்றன (overlap). ஒரே ஆற்றல் பட்டையின் வெவ்வேறு எலெக்ட்ரானிக் நிலைகள், அந்த எலெக்ட்ரான்களின் வெவ்வேறு வேகங்களையும், இயக்கத் திசைகளையும் ஒத்தவை எனக் கருதலாம்.

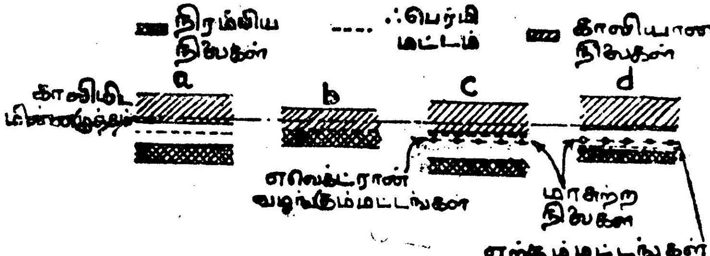
இந்த ஆற்றல் பட்டைகளின்மேல் இணைதிறனுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் பரவியுள்ள விதமே, பொருள் மின்காப்பானகவோ அல்லது மின்கடத்தியாகவோ அமைவதை நிர்ணயிக்கிறது. ஒரே கூட்டிலுள்ள குவான்டம் நிலைகள், ஒத்த பட்டை அமைப்புகள் முழுவதும் எலெக்ட்ரான்களால் நிரப்பப்பட்டோ, அல்லது பகுதியாக எலெக்ட்ரான்களைப் பெற்றோ உள்ளன. அயனிப் படிகங்களில் முதல் வகைப்படி எலெக்ட்ரான்கள் நிரப்பப்பட்டுள்ளன. அதாவது அயனிக் கூறுகளின் எலெக்ட்ரான்கள் முழுமையாக்கப் பட்ட கூடுகளில் அமைகின்றன. இரண்டாம் வகைப்படி, உலோகங்களில் எலெக்ட்ரான்கள் இடம்பெற்றுள்ளன. அஃதாவது ஒவ்வோர் அணுவின் இணைதிறனுள்ள கூட்டில் ஒன்று அல்லது இரண்டு எலெக்ட்ரான்களே இடம்பெற்றுள்ளன. ஆகவே, உலோகங்களின் இணைதிறனுள்ள ஆற்றல் பட்டைகள் பகுதியாகவே நிரப்பப்பட்டுள்ளன.

முதலில் முழுமையாக எலெக்ட்ரான்களால் நிரப்பப்பட்ட ஆற்றல் பட்டைகளைப் பார்க்கலாம். வெவ்வேறு குவான்டம் நிலைகள், அணிக் கோவையில் (lattice) எலெக்ட்ரான்கள் வெவ்வேறு திசையில் வெவ்வேறு வேகங்களுடன் இயக்கம் பெறுவதை ஒத்துள்ளன. பட்டையின் எல்லா நிலைகளும் எலெக்ட்ரான்களால் நிரப்பப்பட்டால், ஒரு திசையில் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும், எதிர்த் திசையில் செல்லும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையும் சமமாகும்.

ஒரு முழுமையான படிகத்தில், தனிச்சுழி வெப்ப நிலையில், எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கம் தடை செய்யப்படாமல், படிகத்தின் விளிம்பில் எலெக்ட்ரான்கள் பிரதிபலிக்கப்படுகின்றன. நடைமுறையில், கிடைக்கும் வெப்ப நிலைகளில், முழுமையற்ற சாதாரணப் படிகங்களில், படிகக் குறைபாடுகளாலும் அயனிகளின் வெப்பநிலை அலைவுகளாலும், எலெக்ட்ரான்களால் சிதறடிக்கப்படுகின்றன. ஆனல், அலை வீச்சுகளின் வெப்ப ஆற்றல் மிகச் சிறியதாகையால், நாம் எடுத்துக்கொண்ட ஆற்றல்

பட்டையிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் இந்த மோதுகையால் அடுத்த காலியான மேல் ஆற்றல் பட்டைக்கு மாற்றப்படும் அளவுக்குப் போதுமான ஆற்றல் பெறுவதில்லை. எனவே, பட்டையில் எலெக்ட்ரான் பரவியுள்ள விதம் மாற்றப்படுவதில்லை. ஒரு மின்புலம் செயல்படும்போதுகூட இந்த அமைப்பு மாறுவதில்லை. ஆகவே, ஒரு திசையிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கம், எதிர்த்திசையிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கத்தால் ஈடு செய்யப்படுகிறது. ஆகவே, அந்தப் பொருள் ஒரு மின் காப்பானாகும். (படம் 19. 3 a)

இப்போது ஆற்றல் பட்டையின் சில நிலைகளில் மட்டும் பகுதியாக எலெக்ட்ரான்கள் இடம் பெற்றிருப்பதைப் பார்க்-லாம். இந்த நிலையில், அணிக் கோவையின் ஒழுங்கற்ற தன்மைகளால் உண்டாகும் மோதுகையில் உண்டாகும் ஆற்றல் மாற்றத்தால், கொடுக்கப்படும் மின்புலத்தின் திசையில், நிரப்பப்பட்ட மட்டங்களில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் முடுக்கம் பெறுகின்றன. (படம் 19. 3 b) ஆகவே, கொடுக்கப்படும் மின்புலத் திசையில் எலெக்ட்ரான்களுக்கு ஒரு நகர்வு (drift) உண்டாகிறது. இந்த நகர்வு உலோக மின்கடத்தலை உண்டாக்குகிறது. இந்தத் திசையில் உண்டாகும் மின்னூட்ட இடப்பெயர்ச்சி, கொடுக்கப்படும் மின்புலத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது. ஏனெனில், வெப்பநிலை உயரும்போது அயனிகளின் அலை வீச்சு அதிகரிப்பதால், கடத்தி - எலெக்ட்ரான்களின் இயக்கத்திற்குத் தடை அதிகரிக்கிறது; அதனால் மோதலிடை நேரம் குறைகிறது.



படம் 19. 3

குவான்டம் நிலைகளில் எலெக்ட்ரான் நிலை.
a. காப்பான்; *b*. உலோகம்; *c*. மிகையான குறைகடத்தி (*n* வகை); *d*. குறைபாடுள்ள குறைகடத்தி (*p* வகை).

எனவே, வெப்பநிலை உயரும்போது, கடத்துந் திறனும் குறைகிறது.

இவை தவிர, அணிக்கோவை பல குறைபாடுகளைப் பெற்றிருக்கலாம். இந்தக் குறைபாடுகள் அணிக் கோவையின் அயனிகளுக்கிடையில் ஆப்பு (wedge) போன்று அடைக்கப்பட்ட அணுக்கள், சந்துகளிலுள்ள அணுக்கள் (interstitial atom), அணிக்கோவையிலுள்ள காலி இடங்கள், அணிக்கோவையின் உண்மை அயனிக்குப் பதிலாக உள்ள வெளி அயனிகள் — ஆகிய ஏதாவதொன்ருக இருக்கலாம். அந்தக் குறைபாடுகளைச் சார்ந்து, எலெக்ட்ரான் பரவியுள்ள விதம், எடுத்துக்கொண்ட படிகப் பகுதியின் மின் நடுநிலைமையைத் தக்கவைப்பதாக இருக்கும்.

அணிக் கோவையின் மற்றப் பகுதிகளில் உள்ள மின்னழுத்தப் பகிர்வும், அணிக் கோவையின் குறைபாடுள்ள பகுதியின் மின்னழுத்தப் பகிர்வும் மாறுபட்டிருப்பதால் படிக முழுவதன் பட்டை உருவத்திலிருந்து, மாசற்ற இடத்தின் எலெக்ட்ரான் ஆற்றல் மட்டங்கள் மாறுபட்டதாக இருக்கும். படம் 19. 3 c - ல் மாசுகளின் நிரப்பப்பட்ட மேல் ஆற்றல் மட்டம், அணிக் கோவையின் காலியான கடத்தல் பட்டைக்குச் சிறிது கீழேதான் உள்ளது. இந்த மட்டங்களின் ஆற்றல் வேறுபாடு, அயனிகளின் சராசரி வெப்ப அலை வீச்சு ஆற்றலைவிட மிக அதிகமாக இல்லாவிட்டால், மாசுற்ற நிரம்பிய மேல் ஆற்றல் மட்டத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் சில சமயங்களில் கடத்தல் பட்டைக்கு உயர்த்தப்படுகின்றன. அதனுல் மாசுகளில் ஒரு காலி இடம் உண்டாகிறது. கடத்தல் பட்டைக்குச் சென்ற எலெக்ட்ரான், மோதுகையினுல் கொடுக்கப்பட்ட மின்புலத்தின் திசையில் ஒரு நகர்வைப் பெறுகிறது. இந்த எலெக்ட்ரான் இன்னொரு படிகக் குறைபாட்டினுல் பிடித்திழுக்கப்படும்வரை, இந்த நகர்வு நடைபெறும்.

இத்தகைய கடத்தல் தன்மையை உடைய பொருள், மிகையான குறைகடத்தி அல்லது *n* வகை (negative) குறைகடத்தி எனப்படும். இயல்பான அயனிகளின் எண்ணிக்கையைவிட மாசுகளின் எண்ணிக்கை மிகக் குறைவானதாலும் மாசுற்ற ஆற்றல் மட்டத்திலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் வெப்பக் கிளர்ச்சியுற்றுக் கடத்தல் பட்டைக்குச் செல்லும் வாய்ப்பு மிகக் குறைவானதாலும், இத்தகைய குறைகடத்திகளின் கடத்துந்திறன் ஓர் உலோகத்தினுடையதைவிட மிகச் சிறியது. வெப்பநிலை அதிகரிக்கும்போது, குறைகடத்திகளின் மின்தடை குறைகிறது.

இன்னொரு வகையான குறைகடத்தியில் உள்ள மாசுகளின் அமைப்பைப் படம் 19. 3 *d* காட்டுகிறது. இங்கு அணிக்

கோவையின் நிரப்பப்பட்ட மேல் பட்டைக்குச் சிறிது மேல்புறமாக நிறைவுருத மாசுற்ற கீழ்க்கோடி மட்டம் உள்ளது. ஆகவே, நிரப்பப்பட்ட பட்டையின் ஓர் எலெக்ட்ரான் வெப்பக் கிளர்ச்சியுற்றுக் காலியாக உள்ள மாசுற்ற மட்டத்திற்குச் செல்லலாம். அப்போது பட்டையில் ஒரு காலி இடம் உண்டாகிறது. புற மின்புலத்தின் செயலால், காலியாக உள்ள நிலைக்கு அருகிலுள்ள நிலையின் எலெக்ட்ரான்கள், மின்புலத்தின் திசையில் குறைந்த திசைவேகக் கூறுகொண்டு புலத்தினுள் செல்கின்றன. அதனல் காலியாக உள்ள இடம் அஃதாவது 'தொளை' (hole), எதிர்மின் வாயை நோக்கி ஒரு நகர்வு பெறுகிறது.

இந்தத் தொளை, நேர்மின்னூட்டம் கொண்ட ஓர் எலெக்ட்ரான் எப்படி நகர்வு பெறுமோ, அது போன்ற ஒரு நகர்வைப் பெறுகிறது. இதனல் இந்தத் தொளை, இன்னொரு மாசுற்ற நிலையிலிருந்து விழும் ஓர் எலெக்ட்ரானல் நிரப்பப்படுகிறது; அல்லது ஓர் எதிர்மின்வாய் எலெக்ட்ரானல் நடுநிலை ஆக்கப்படுகிறது. இத்தகைய குறைகடத்திக்குக் குறைபாடுள்ள குறைகடத்தி (defective semi – conductor) அல்லது p வகை (positive) குறைகடத்தி என்பது பெயர். ஹால் விளைவின் திசைக் குறியைக்கொண்டு இந்த இருவகைக் குறைகடத்திகளையும் பாகுபடுத்தித் தெரிந்துகொள்ள முடியும்.

மூடிய கூட்டு அமைப்புக்கொண்ட (closed shell structure) தூய பொருள்களில், நிரப்பப்பட்ட மேல் ஆற்றல் பட்டையும், மிக அருகில் உள்ள கடத்தல் பட்டையும், சிறு ஆற்றல் வேறுபாட்டுடன் பிரிக்கப்பட்டிருப்பதால், அவை குறைகடத்திகள் போன்று செயல்படும். இதில், வெப்பக் கிளர்ச்சியுற்ற எலெக்ட்ரான்கள் காலியான பட்டைக்குச் சென்ற பிறகு உண்டான தொளைகளும், கிளர்ச்சியுற்ற எலெக்ட்ரான்களும் கடத்தி மின்னேட்டம் நிகழ உதவுகின்றன. அவற்றின் சார்பு இயக்கம், பொருள் மிகையான குறைகடத்தியா அல்லது குறைபாடுள்ள குறைகடத்தியா என நிர்ணயிக்கும். இம் மாதிரியான குறைகடத்திகள், உள்ளியல்பான (instrinsic) குறைகடத்திகள் எனப்படும்.

கடத்தி — ஒளிமின் தன்மை

ஒரு குறைகடத்தி ஒளியூட்டம் பெறும்போது, அதன் அணுவின்மேல் ஆற்றல் நிலையில் உள்ள எலெக்ட்ரான் கிளர்ச்சியுறுகிறது. அதன் பயன் தொடக்க அலை நீளம் λ_0, எலெக்ட்ரானின் தொடக்க ஆற்றல் மட்டத்திற்கும் கிளர்ச்சியுற்ற ஆற்றல்

மட்டத்திற்கும் உள்ள வேறுபாட்டால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. எலெக்ட்ரான் கிளர்ச்சியுற்ற மட்டத்திலிருக்கும்போது அஃது ஓர் இயங்கும் (mobile) எலெக்ட்ரானை அல்லது இயங்கும் தொளையை உண்டாக்கலாம். ஆனால், இந்த விளக்கம், நிலையான ஒளியூட்டத்தினால் உண்டாகும் தொடர்ச்சியான மின்னோட்டத்தைப் புரிய வைப்பதில்லை.

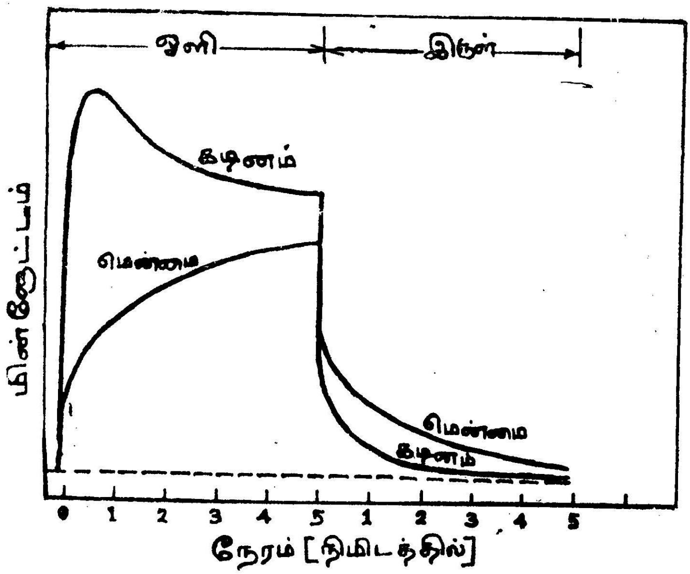
உண்மையில் கிளர்ச்சியுற்ற முதன்மை எலெக்ட்ரான்களும் நேர்மின்வாயையும், 'தொளை' எதிர்மின்வாயையும் நோக்கிச் சிறிது நகர்ந்தவுடன் நிறுத்தப்பட்டுவிடுகின்றன. இதனால், நேர் மின்வாய்க்கு அருகில் ஓர் எதிர் — சூழ் மின்னூட்டமும் (negative space charge), எதிர்மின்வாய்க்கு அருகில் ஒரு நேர் — சூழ் மின்னூட்டமும் உண்டாக்கப்படுகின்றன. இதனால் கடத்தி — ஒளிமின் பொருளில் உள்ள மின்புலம் ஈடு கட்டப்படுகிறது. ஆகவே, எலெக்ட்ரான்கள் மேலும் நகருவது நிறுத்தப்படுகிறது. ஆகவே, நிலையான ஒளியூட்டத்தினால் ஏற்படும் மின்னோட்டம் 0-வாகக் குறையவேண்டும். இஃது ஒளி உணர்திறனுள்ள காப்பான்களில் நிகழ்கிறது, இந் நிலைகளில், இயக்க எலெக்ட்ரான்கள் சிறிது நேரமே உயிர்பெற்று இருப்பதால், இதனால் ஏற்படும் ஒளி மின்னோட்டமும் சிறிது நேரத்திற்கு மட்டுமே காணப்படும்.

குறைகடத்திகளில் உண்டாகும் ஒளி மின்னோட்டங்கள் அதிகப்படுவதற்கும் தாமதிப்பதற்கும் இரண்டு காரணங்கள் உண்டு. குறைகடத்திகளில் உண்டாகும் சூழ் மின்னோட்டப் புலத்தினால் எதிர்மின்வாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்களும் நேர்மின் வாயிலிருந்து தொளைகளும் ஈர்க்கப்படுகின்றன. மேலும், வெப்பக் கிளர்ச்சியால், பிடித்து வைக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்களும், தொளைகளும் விடுவிக்கப்படுகின்றன. இப்படி அதிகமான எலெக்ட்ரான்கள் இயங்குவதால் உண்டாகும் இரண்டாம்நிலை மின்னோட்டம், பல சமயங்களில் முதன்மை மின்னோட்டத்தைவிட மிக அதிகமாக உள்ளது. இரண்டாம்நிலை மின்னோட்டத்திற்கான மேலே கூறப்பட்ட இரு மூலங்களும், ஒளிபட்டுச் சிறிது நேரம் தாமதித்தே மின்னோட்டத்தை உண்டாக்குகின்றன.

சல்ஃபைடு, ஆக்சைடு, ஹேலைடு போன்றவைகளும், உலோகங்களுக்கும் அலோகங்களுக்கும் இடையில் உள்ள தனிமங்களும் கடத்தி — ஒளிமின் பண்பைப் பெற்றிருக்கின்றன. அவற்றில் சிலவற்றைப்பற்றி இனிப் பார்க்கலாம்.

செலினியம் கடத்தி — ஒளி மின்கலம்

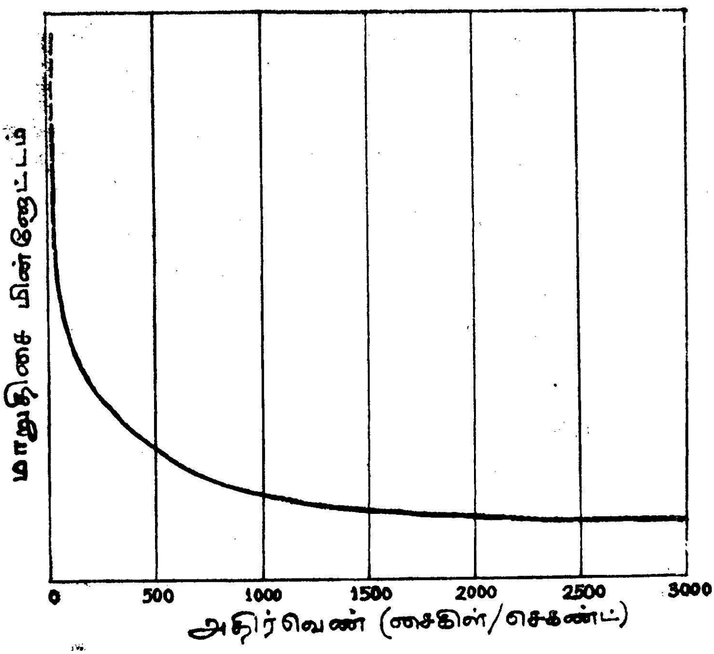
எல்லாக் கடத்தி — ஒளி மின்கலங்களையும்விடச் செலினியம் மின்கலம்தான் அதிக காலதாமதமாக ஒளி மின்னோட்டத்தைக் கொடுக்கிறது. இதனால் இந்தக் கலங்களில்தான் இரண்டாம்நிலை மின்னோட்டம் அதிகமாக உள்ளது. கலங்களின் இயல்புகள் அவை உண்டாக்கப்படும் முறைகளையும் பயன்படுத்தப்படும் முறைகளையும் ஒத்து அமைகின்றன. படம் 19. 4 இரண்டு



படம் 19. 4
வெவ்வேறான செலினியம் அமைப்புகளில்
கால — ஒளி மின்னோட்ட வளைகோடுகள்.

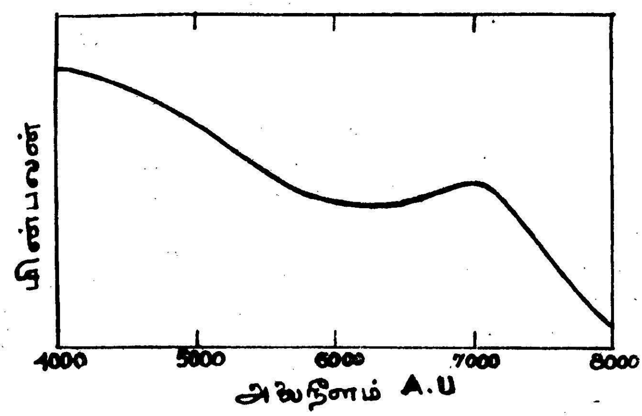
வெவ்வேறான கலங்களின், காலத்திற்கும் ஒளி மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள வளைகோடுகளைக் காட்டுகிறது. கடினக் கலத்திற்கு ஒளியூட்டம் நீக்கப்பட்ட பிறகும்கூட ஒரு நிமிட நேரத்திற்கு ஓரளவு இரண்டாம்நிலை மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. ஒளியூட்டம் நீக்கப்பட்ட 0·01 செகண்டில் ஒளி மின்னோட்டம் 50 சதவீதமாகக் குறைகிறது.

ஒலி மீட்புக்காகத் தனிப்பட்ட முறையில் செய்யப்படும் கடத்தி — ஒளி மின்கலங்களின் மாறுதிசை மின்னோட்டப் பலன் படம் 19. 5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்கு அதிர்வெண்



படம் 19. 5

செலினியத்தின் மாறுதிசை மின்னோட்டப் பலன்.

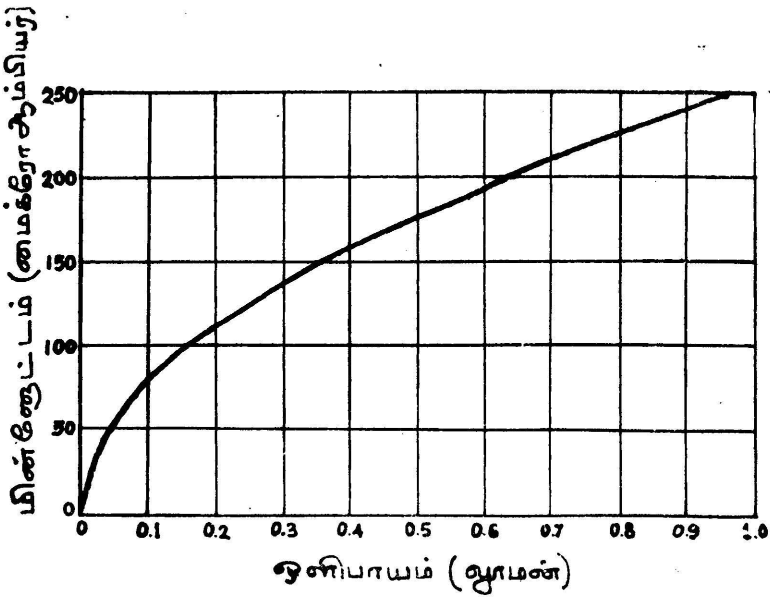


படம் 19. 6

செலினியம் கடத்தி — ஒளி மின் கலத்தின் நிறமாலை — மின் பலன்,

அதிகரிக்க அதிகரிக்க, தொடக்கத்தில் மாறுதிசை மின்னோட்டம் விரைவாகக் குறைந்து பிறகு 1000 சுற்றுகள்/செகண்டு அதிர்வெண் அளவில், வளைகோடு தட்டையாக அமைகிறது.

செலினியம் கடத்தி — ஒளி மின் கலங்களின் நிறமாலை — மின்னோட்டப் பலன் 7000 A.U. அலை நீளத்தில் பெரும அளவை அடைகிறது. இதனைப் படம் 19. 6 - ல் காணலாம். கலங்களின் ஒளியூட்ட — ஒளிமின்னோட்டத் தொடர்பு நேர்க்கோடாக அமைவதில்லை என்பது படம் 19. 7 - ல் எண்பிக்கப்படுகிறது.



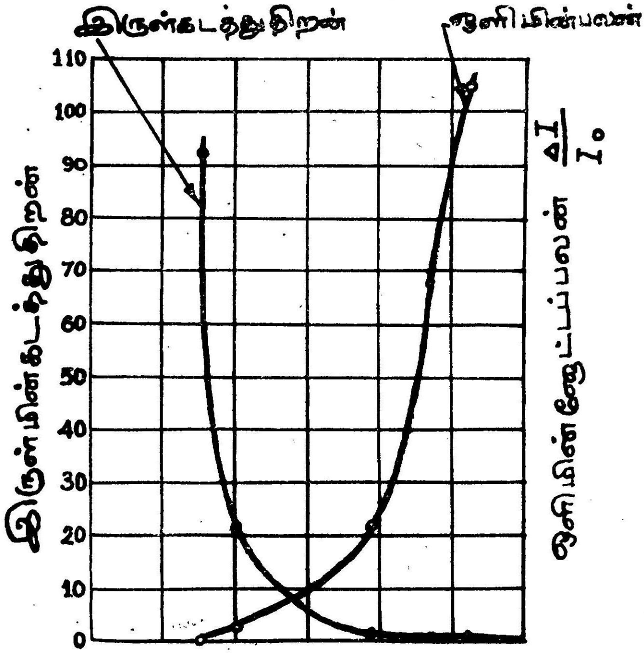
படம் 19. 7

செலினியம் கடத்தி — ஒளி மின் கலத்தின் மின்னோட்ட — ஒளிப்பாய வளைகோடு.

செலினியத்தின் அதிகமான சார்பிலா நுட்பத்திறனே, அதுவே நீண்ட காலத்திற்குப் பயன்படுத்தப்பட்டு வந்தது. ஒரு நல்ல செலினியம் கலம், கட்புலனாகும் ஒளியின் ஒரு குவாண்டம் ஆற்றலுக்கு ஓர் எலெக்ட்ரான் பலனைக் கொடுக்கலாம். ஒளியூட்டம் பெறாத கலத்தின் மின்தடை 50,000 ஓம்களிலிருந்து 10 மெகா ஓம் எல்லையில் உள்ளது. அவற்றிற்குகந்த இயக்க மின்னழுத்தம் 9 - லிருந்து 500 வோல்ட் வரை இருக்கும்,

தலாஃபைடு கடத்தி — ஒளிமின்கலம்

இப்போது செலினியம் கலங்களுக்குப் பதிலாகத் தாலஸ் சல்ஃபைடு (Thallous sulphide) அல்லது தலாஃபைடு (thalofide) கடத்தி—ஒளி மின்கலம் பெருவாரியாகப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இவற்றைக் கேஸ் (Case) என்பவர் முதலில் உருவாக்கினர். இக் கலங்கள், செலினியம் கலத்தைவிட உணர்வு நுட்பத்திலும், இயக்க நிலைப் பண்பியல்களிலும் சிறந்து காணப்படுகின்றன. இந்தக் கலங்களின் அமைப்பில், வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கண்ணாடி உறையினுள் ஒரு கிரிட் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. இந்தக் கிரிட், படம் 19. 1-ல் உள்ளதுபோல, ஓர் அங்குலத்தில் 16 வளைவுகள் கொண்ட கம்பியாகும். அந்தப் பரப்பின்மேல் தூய தாலஸ் சல்ஃபைடு(Tl_2S)ஏடு ஒன்று ஆவியாதல் முறையில் படியப்படுத்தப்



படம் 19. 8

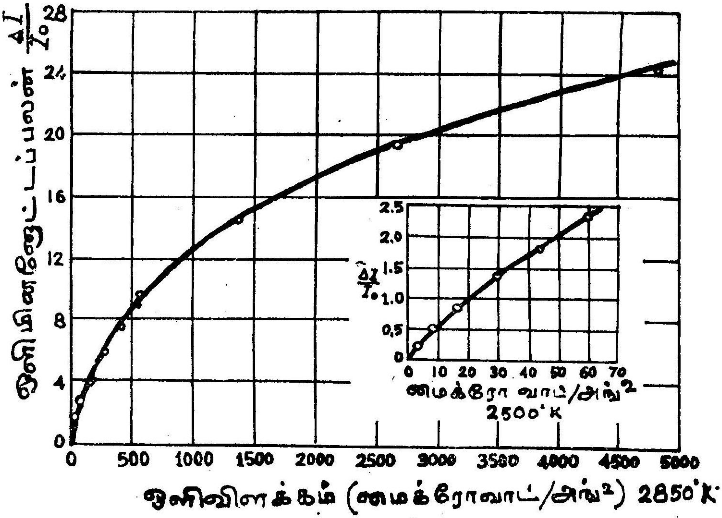
தாலஸ் சல்ஃபைடுக் கலத்தில் ஒளி மின்பலன், இருள் மின்கடத்துந் திறன் இவற்றின் மாறுபாடு.

பட்டுள்ளது. இந்தக் கறுப்புச் சாம்பல் நிற ஏடு 5000 A.U. தடிப்பு உள்ளது. பிறகு ஒரு மில்லிமீட்டர் பாதரச அழுத்தத்தில்

உள்ள ஆக்சிஜன், கலத்தின் பருமனைப் பொறுத்து அதனுள்ளே செலுத்தப்பட்டு, சில நிமிட நேரங்களுக்கு அது 250° - லிருந்து 350°C வரை வெப்ப நிலையில் தாலஸ் சல்ஃபைடுடன் செயலுற விடப்படுகிறது.

தாலஸ் சல்ஃபைடின் ஒரு பகுதி ஆக்சிஜனை உட்கொள்கிறது. மீதிப் பகுதி ஆக்சிஜனுடன் வினைப்பட்டு மஞ்சள் நிறத்தில் மின் கடத்தாக் கூட்டுப்பொருளான Tl_2SO_2 வாக அமைகிறது. இதனல் கலத்தின் ஒளி மின்னேட்டப் பலன் அதிகரிக்கிறது. அதே சமயத்தில் கலத்தின் இருள் மின் கடத்துந்திறன் குறைகிறது. இது படம் 19. 8 - ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இங்கு ஒளி மின்னேட்டப் பலன் என்பது, ஒளியூட்டத்தின்போது அதிகரிக்கும் மின்னேட்டத்தின் அளவுக்கும் ($\triangle I$) இருள் நிலையில் உண்டாகும் மின்னேட்டத்திற்கும் (I_0) உள்ள விகிதமாகும்.

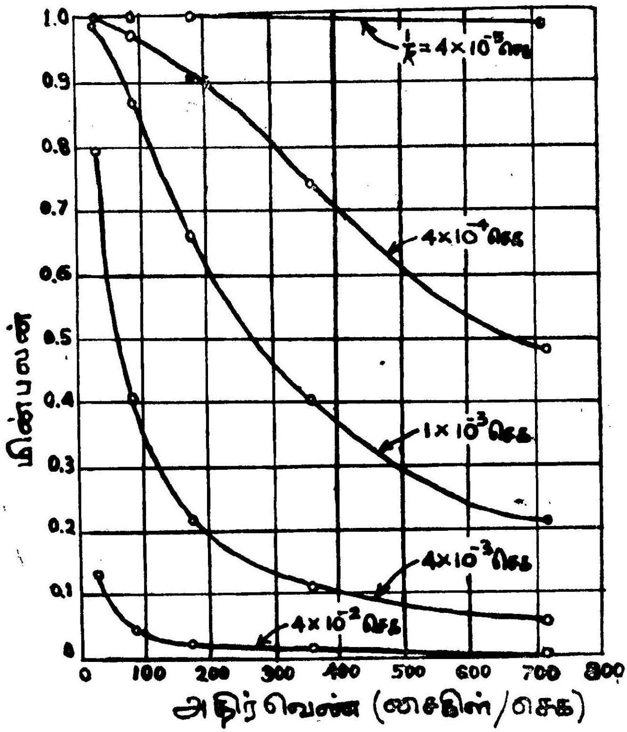
செலினியம் கலங்களில் போலவே, தாலஸ் சல்ஃபைடுக் கலங்களிலும், அவற்றின் செயல் முறையைப் பொறுத்து ஒளி மின்னேட்டப் பலன்கள் அமைகின்றன. ஒளி மின்னேட்டமும்



படம் 19. 9
தாலஸ் சல்ஃபைடுக் கலத்தின் வெவ்வேறு ஒளி விளக்கங்களுக்கான (2850°K, 2500°K) ஒளிமின் பலன்கள்.

இருண்ட மின்னேட்டமும், கொடுக்கப்படும் மின்னழுத்தத்துடன் நேர்க்கோட்டு விகிதச் சார்பு கொண்டிருந்தாலும், வெளிவிடு

அளவின் மாறுபாடு நேர்க்கோட்டு விகிதச் சார்பு பெற்றதாக இல்லை. இது படம் 19.9 - லிருந்து தெரிய வருகிறது. மேலும், வெவ்வேறு கலங்களின் மின்பலன்கள் படம் 19.10 - ல் காட்டப் பட்டுள்ளதுபோல் பெரிதும் மாறுபடுகின்றன. வெப்பநிலை



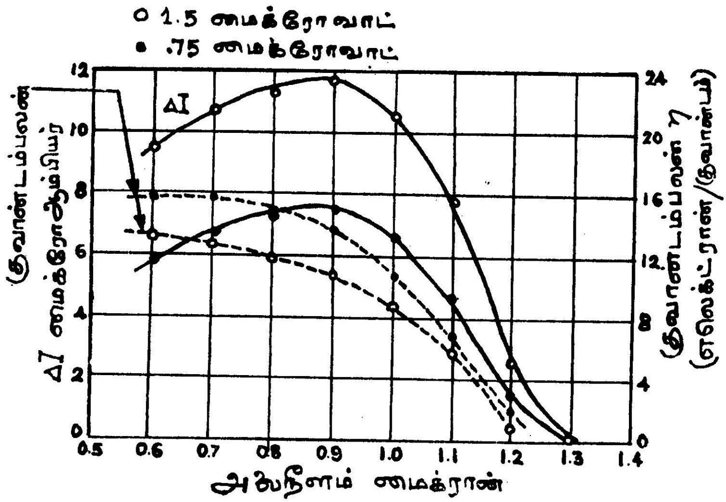
படம் 19.10

தாலஸ் சல்ஃபைடுக் கலத்தின் வெவ்வேறு அதிர்வெண்களுக்கான ஒளிமின் பலன்கள்.

அதிகரிக்கும்போது ஒளிமின்னோட்டப் பலன் குறைவடைகிறது; இயக்கவியல் மின்பலன் அதிகரிக்கிறது. இக் கலங்களின் நிறமாலை — மின்னோட்டப் பலன் மட்டும்தான் நிலையாக உள்ளது. இது படம் 19.11 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த மின்பலன் 13,000 A.U. - ல் வெட்டு அளவையும் (cut - off value), 9000 A.U. - ல் பெரும அளவையும் அடைகிறது.

படம் 19.9 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள குவான்டம் பலன் கோடுகளிலிருந்து, குறைகடத்தியின்மேல் படும் ஒரு குவான்டம்

ஆற்றலுக்கு ஏறத்தாழ 16 எலெக்ட்ரான் மின்னேற்றங்கள் குறை கடத்தியினுள் செலுத்தப்படுகின்றன என்பது தெரிகிறது.



படம் 19. 11

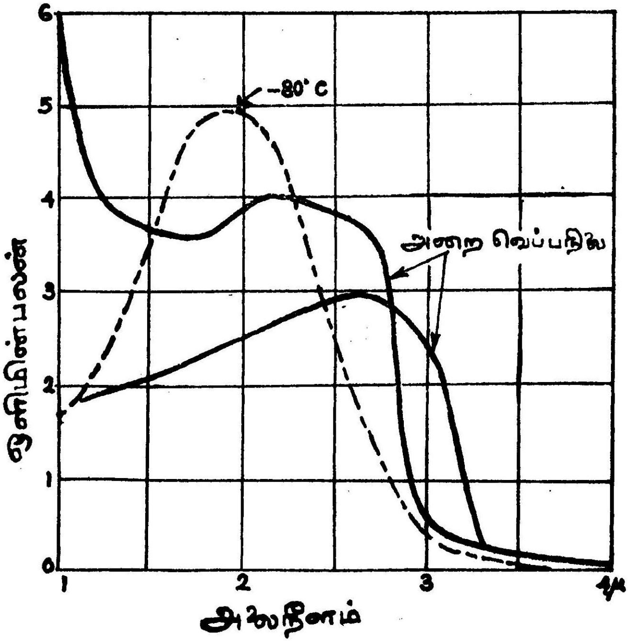
இரு ஒளி விளக்கங்களுக்கு ஒளி மின்னோட்டமும், குவான்டம் பலனும் அலைவுநீளத்தைச் சார்ந்தவை.

ஆகவே, இக் கலங்களில் உண்டாகும் ஒளிமின்னோட்டம், இரண்டாம்நிலை மின்னோட்டமே ஆகும். இக் கலம், கதிர் வீச்சு ஆற்றலைப் பகுத்துக் காணும் வகையில், அதிக உணர்வு நுட்பத்துடனும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

லெட் சல்ஃபைடுக் கடத்தி — ஒளி மின்கலம்

இயற்கையில் கிடைக்கும் லெட் சல்ஃபைடு (lead sulphide) அல்லது கலீனப் (galena) படிகங்கள், ஒரு புள்ளி இணைப்பில் கடத்தி — ஒளிமின் தன்மையைக் கொடுப்பதாகக் கி.பி. 1901 - ல் இந்திய அறிவியல் அறிஞரான ஜே. ஜி. போஸ் (J. G. Bose) கண்டுபிடித்தார். ஆனால், இக் காலத்திய உணர்வு நுட்பம் அதிகமான லெட் சல்ஃபைடு கலங்கள் இரண்டாம் உலோகப் போரின்போதுதான் அமைக்கப்பட்டன. அப்போது பிம்பக் குழாய்களாலும், தாலஸ் சல்ஃபைடுக் கலங்களாலும் காண முடியாத புறச் சிவப்பு ஒளிச் சைகைகளைப் பகுத்துக் காண இக் கலங்கள் அமைக்கப்பட்டன.

இக்கலங்களின் பெரும அளவு உணர்வு நுட்பம் 2·5 மைக்ரான் அலைநீளத்திலும், வெட்டு அளவு 3·6 மைக்ரான் அலைநீளத்திலும் உண்டாகின்றன. இதனைப் படம் 19. 12 காட்டுகிறது.

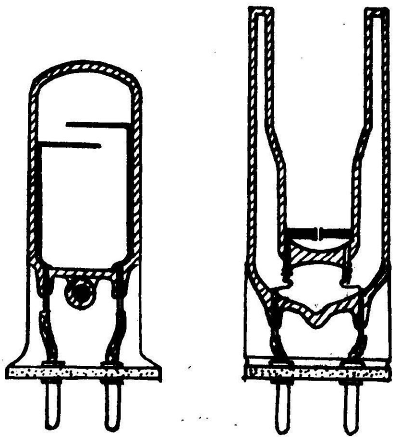


படம் 19. 12
ஈய சல்ஃபைடுக் கலத்தின் வெவ்வேறு வெப்பநிலைகளுக்கான நிறமாலை.

அவற்றின் இருள்நிலை மின்தடை 0·1-லிருந்து 10 மெகா ஓம் எல்லைக்குள் உள்ளது. இவற்றின் ஒளிமின் பலன் நேர்க்கோட்டுத் தொடர்புள்ளது. இவற்றை ஈரமற்ற பனிக்கட்டியின் வெப்ப நிலையான —80°C-க்குக் குளிர வைத்தால், 10^{-8} வாட் அளவு வீசுகதிர் ஆற்றலைக் கலத்தின் மேல் விழச் செய்யும், குறைந்த வெப்ப நிலையிலுள்ள பொருள்களையும் இக் கலங்கள் பகுத்துக் காட்டுகின்றன.

லெட் சல்ஃபைடின் மின்தடை எண், செலினியம் — தாலஸ் சல்ஃபைடு இவற்றினதைவிடக் குறைவானதால், லெட் சல்ஃபைடாலான உணர்திறன் பரப்புச் சதுரமாகவோ, நீண்ட சதுரமாகவோ வளைந்துவளைந்து உள்ள கம்பிகளுக்கிடையில் படிய வைக்கப்படுகிறது. அதன் பரிமாணம் 0·5 சதுர மி.மீ. ஆக

உள்ளது. குளிர வைக்கப்படாமல் பயன்படுத்தப்படும்போது, கலம் ஒற்றைச் சுவரால் ஆக்கப்பட்டு, சுவரின் உட்புறத்தில் லெட் சல்ஃபைடு படியச் செய்யப்படுகிறது. குளிர வைக்கப்படும் கலங்கள் இரட்டைச் சுவரால் ஆக்கப்பட்டு உட்சுவரின் மேல் லெட் சல்ஃபைடு படியப்படுத்தப்படுகிறது. இவற்றின் அமைப்பு, படம் 19. 13 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 19. 13
ஒற்றை, இரட்டைச் சுவர் ஈய சல்ஃபைடுக் கலங்கள்.

படிய வைக்கப்படும் லெட் சல்ஃபைடு வேதியியல் வினையால் உண்டாக்கப்படலாம். லெட் அசிட்டேட், தியோரியா (thiourea), சோடியம் ஹைட்ராக்சைடின் நீர்த்த கரைசல் ஆகியவற்றிற் கிடையே உண்டாகும் வேதியியல் வினையால் லெட் சல்ஃபைடு படிகிறது. அல்லது, கடினக் கண்ணாடிக் கலத்தினுள் தூய லெட் சல்ஃபைடுப் பொடியை இட்டு ஆவியாக்குதலாலும் இதனைப் படியச் செய்ய முடியும். லிட்டருக்கு 30 கிராம் தூய லெட் நைட்ரேட் உள்ள கரைசலில் ஹைட்ரஜன் சல்ஃபைடைச் செலுத்தினால் உண்டாகும் வீழ் படிவு தூய லெட் சல்ஃபைடுப் பொடியாகும். 10 மில்லி கிராம் பொடியைக் கலத்தினுள் செலுத்தி, கலத்தின் மின்வாய்த் தகடுகள் மேற்புறம் இருக்கும்படி வைக்கப்படுகிறது.

இப்போது கலம் வெற்றிடமாக்கப்பட்டு, அதனுள் 0·2 மி. மீ. பாதரச அழுத்தக்காற்றுச் செலுத்தப்படுகிறது. ஓர் அகன்ற வாயு - ஆக்சிஜன் சுடரால் லெட் சல்ஃபைடுப் பொடி இப்போது ஆவியாக்கப்படுகிறது. லெட் சல்ஃபைடு மின்வாய்களின் இடை

வெளிக்குள் நீலச் சாம்பல் நிற அடுக்காக அமைகிறது. கலம் 400° C வெப்பநிலையில் 10 நிமிடங்களுக்கு வதக்கப்பட்டு, பிறகு குளிர விட்டு வெற்றிடமாக்கும் வழி மூடப்படுகிறது.

லெட் சல்ஃபைடு படியும்போதும், படிந்த பிறகும் அதன்மேல் ஆக்சிஜனை வினையுறச் செய்வது, கலத்தின் உணர்வு நுட்பத்தை அதிகரிக்க உதவுகிறது. மேலும் படிதல் நடந்துகொண்டிருக்கும் போது, அதன்மேல் ஆக்சிஜனைச் செலுத்துவதால், கந்தக ஆக்சைடு போன்ற இடையூறு கொடுக்கும் பொருள்கள் நீக்கப் படுகின்றன. ஆக்சிஜன் - லெட் சல்ஃபைடு வினையால், கடத்தி ஒளிமின் தன்மையைக் கொடுக்கும் மாசுற்ற துகள்கள் உண்டா கின்றன.

லெட் சல்ஃபைடுக் கலங்கள் ஒலி மீட்பில் அதிகமாகப் பயன் படுகின்றன. எல்லா அலைநீளங்களிலும் லெட் சல்ஃபைடுக் கலங்கள் அதிக உணர்வுநுட்பம் பெற்றதாயுள்ளன.

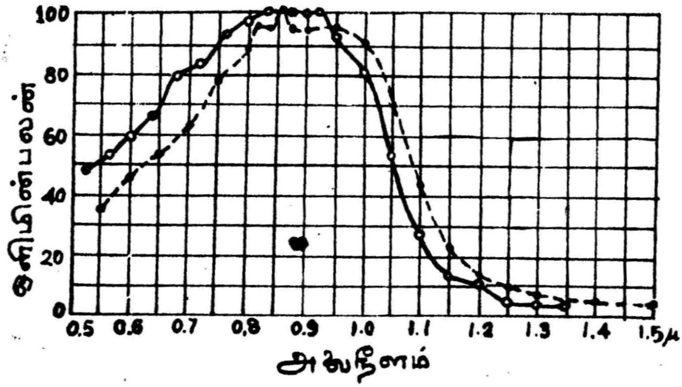
சிலிக்கான் கலம்

பீங்கான், குவார்ட்ஸ் பரப்புகளை ஏறத்தாழ 1100°C - க்குச் சூடாக்கி, நீரால் குளிர்விக்கும் மேலுறையையுடைய கண்ணாடி வினைக் குவளையில் சிலிக்கான் டெட்ராகுளோரைடு, ஹைட்ரஜன், நைட்ரஜன் ஆகிய வாயுக்களின் ஓட்டத்தில் அப் பரப்புகளை வைத் தால், அப் பரப்புகளின்மேல் மெல்லிய உயர்தூய சிலிக்கான் ஏடுகள் கெட்டியாகப் படிகின்றன. சூடான பரப்பினால் சிலிக்கான் டெட்ராகுளோரைடு, சிலிக்கானாக ஒடுக்கப்பட்டுப் பரப்புகளின் மேல் படிகிறது; உண்டாகும் ஹைட்ரஜன் குளோரைடு வாயு ஓட்டத்தில் எடுத்துச் செல்லப்படுகிறது. இந்தச் சிலிக்கான் பரப் புகளின்மேல் 600° — 800°C - ல் எரிக்கப்படும் ஒரு வெள்ளிப் பூச்சைக்கொடுத்தால், அவை ஒரு கடத்தி - ஒளிமின் கலத்தின் மின்வாய்களாக அமைகின்றன.

இதன் உணர்வுநுட்பம், தாலஸ் சல்ஃபைடு கலத்தின் நுட்பத் திற்கும், செலினியம் கலத்தின் நுட்பத்திற்கும் இடையில் உள்ளது. மின்வாய்கள், 0·095 அங்குல விட்டமும் 0·75 அங்குல நீளமும் கொண்ட தண்டாகவோ, அல்லது பல சதுர அங்குலப் பரப்புக் கொண்ட தட்டாகவோ இருக்கலாம்; சிலிக்கான் ஏட்டின் தடிப்பு 5 மைக்ரான் அளவு உள்ளது. இதன் நிறமாலை மின் பலன் படம் 19. 14 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பெரும அளவு பலன் 9000 A. U - ல் அமைகிறது. அலைநீளம் குறையும்போது, உண்டாகும் பலனும் விரைவாகக் குறைகிறது. இந்தக் குறைவு,

செலினியம், தாலஸ் சல்ஃபைடுக் கலங்களினுடையதைவிட அதிகமாக உள்ளது

தூய சிலிக்கானின் கடத்துந் திறன் வெப்பநிலையால் மாறுபடுவதிலிருந்து, நிரப்பப்பட்ட ஆற்றல் மட்டமும், நிரப்பப்படாத ஆற்றல் மட்டமும் 1·12 எலெக்ட்ரான் வோல்ட் (11,000 A. U. ஒத்த) அளவு ஆற்றலால் பிரிக்கப்படுகின்றன என்பது தெரிகிறது. இதனால் அணிக்கோவையின் நிரப்பப்பட்ட ஆற்றல் மட்டத்திலிருந்து காலியாகவுள்ள கடத்தல் மட்டத்திற்கு



படம் 19. 14

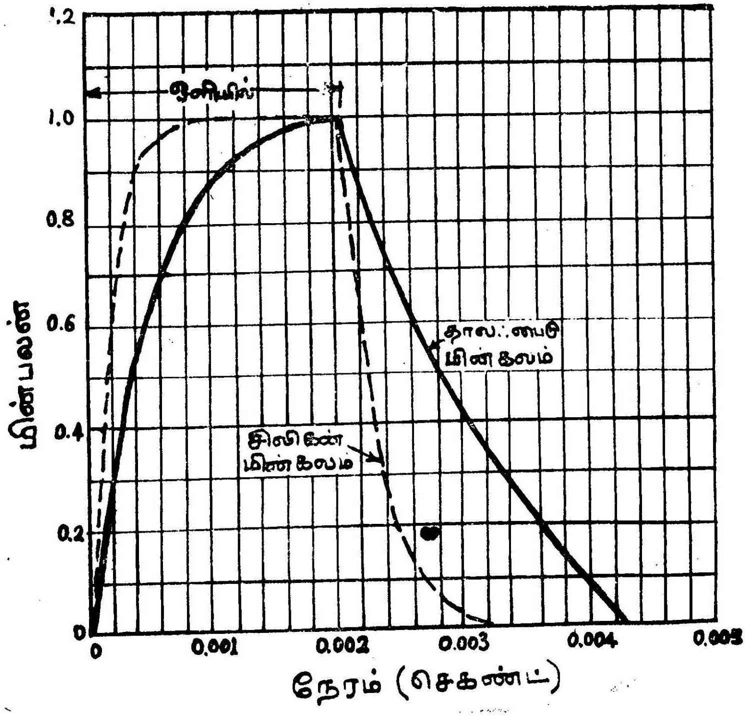
இரு சிலிக்கான் கலங்களின் உணர்வு நுட்பம்.

எலெக்ட்ரான்கள் உயர்த்தப்படுவதால்தான், கடத்தி - ஒளிமின் தன்மை உண்டாகிறது என்ற உண்மை உறுதியாக்கப்படுகிறது. இதையே நிறமாலை - மின்பலன் கோடுகளும் காட்டுகின்றன.

சிலிக்கான், தாலஸ் சல்ஃபைடுக் கலங்களின் இயக்கவியல் பலன்கள் படம் 19. 15 - ல் ஒப்பிடப்பட்டுள்ளன. படத்தின் வளை கோடுகள், இரண்டு கலங்களின் மேலும் ஒரே அளவு ஒளிச்செறிவு படும்போது உண்டாகும் பலன்களை ஒப்பிடுகின்றன. மின்னோட்டத்திற்கும் - ஒளியூட்டத்திற்கும் உள்ள நேர்க்கோட்டுத் தொடர்பு சிலிக்கான் கலத்திற்கு மிகக் குறைவாக உள்ளது. அதனால் அது பின்னணி ஒளிக்குப் போதிய உணர்வுநுட்பம் அற்றதாக இருக்கிறது. அது அதிக வெப்பநிலைகளிலும் கெடாமல் உறுதியாக இருப்பதால் சூரிய ஒளியில் பயன்படக்கூடியதாக உள்ளது.

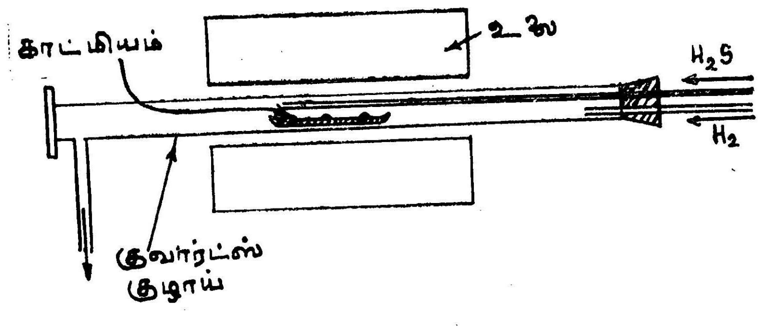
காட்மியம் சல்ஃபைடுக் கடத்தி - ஒளிமின்கலம்

காட்மியம் சல்ஃபைடுப் (cadmium sulphide) படிகங்கள் அதிகமான கடத்தி – ஒளிமின் விளைவை உடையவை. அந்நிலைச் செய்யும்



படம் 19. 15

சிலிக்கான், தலாஃபைடுக் கலங்களின் இயக்கவியல் பலன்கள்.

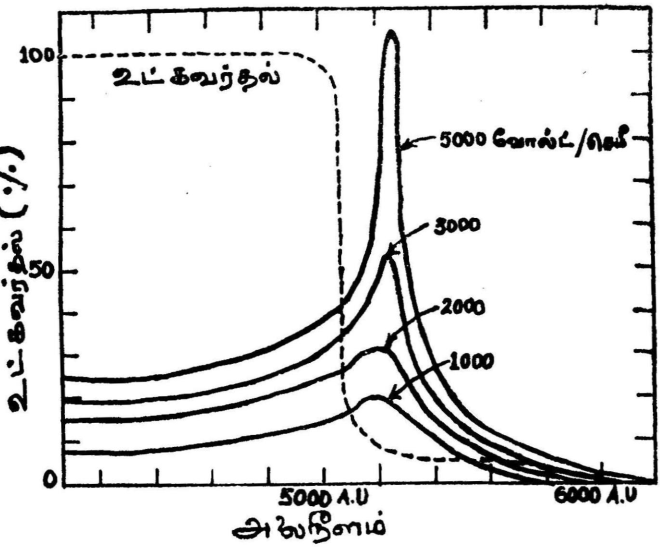


படம் 19. 16

கடத்தி - ஒளிமின் காட்மியம் சல்ஃபைடுப் படிவம் செய்யும் முறை.

முறை படம் 19.16 - ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. குவார்ட்ஸ் குழாயினுள், ஒரு பீங்கான் தட்டில் உலோகக் காட்மியம் வைக்கப்பட்டு 800° — 1000° C வெப்பநிலையில் உள்ள ஹைட்ரஜன் ஓட்டத்தால் சூடாக்கப்படுகிறது. ஹைட்ரஜன் வாயு காட்மியம் ஆவியைக் குழாயினுள் செலுத்தப்படும் ஹைட்ரஜன் சல்ஃபைடு வாயுவுடன் கலக்க வைக்கிறது. இவை இரண்டும் வினைப்பட்டு உண்டாகும் காட்மியம் சல்ஃபைடுப் படிகங்களாகக் குழாயின் உட்புறத்தில், அது குளிர்விக்கப்படும்போது படிகின்றன.

இந்த மஞ்சள் அல்லது மஞ்சள் - பச்சை நிறப் படிகங்கள் 10 மி. மீ. நீளமும், ஒரு மி. மீ. அகலமும், 0·1 மி. மீ. தடிப்பும் உள்ளவையாக இருக்கும். இவை 6000 A. U. — 5200 A. U. அலைநீளமுள்ள ஒளியை உட்கவர்கின்றன. 5200 - A. U. - க்குச் சிறிது அதிகமான அலைநீள ஒளியில் இவை பெரும அளவு கடத்தி - ஒளிமின் தன்மையைப் பெற்றிருக்கின்றன என்பது படம் 19. 17 - லிருந்து தெரிகிறது. கொடுக்கப்படும் மின்புலம்



படம் 19. 17

0·1 மி. மீ காட்மியம் சல்ஃபைடுப் படிவத்தின் உட்கவர்தலும், வெவ்வேறு மின்புலங்களில் உண்டாகும் உணர்வு நுட்பமும்.

அதிகரிக்கும்போது கடத்தும் திறனும் பெரிதும் அதிகரிக்கிறது. 5000 — 2500 A.U. வரை அவற்றின் கடத்தும் திறன் நிலையாக

உள்ளது. 5200 A. U. - க்கு அதிகமான புறச் சிவப்பு அவற்றின் கடத்தி - ஒளிமின் தன்மையைக் குறைத்து விடுகிறது.

குறைந்த அலைநீளமுள்ள ஒளியால் அவற்றின் கடத்தி - ஒளிமின் தன்மை மாற்றப்படுவதில்லை. 5200 A. U. - க்கு அதிகமான அலைநீளங்களில் அவற்றின் 'சோர்வு விளைவு' (fatigue effect) அதிகமாக உள்ளது. ஆகவே, குறைந்த அலைநீளக் கிளர்ச்சியின் போது, நிரப்பப்பட்ட அணிக்கோவை மட்டத்திலிருந்து காலியாகவுள்ள கடத்தல் மட்டத்திற்கு எலெக்ட்ரான் உயர்த்தப்படுகிறது என்றும், அதிக அலைநீளக் கிளர்ச்சியில் மாசுற்ற நிலைகள் கிளர்ச்சியுறுகின்றன என்றும் தெரிகிறது.

காட்மியம் சல்ஃபைடுக் கலங்களில் கிடைக்கும் மின்னோட்டம், தாலஸ் சல்ஃபைடுக் கலங்களில் கிடைக்கும் அளவைப் போன்றது. ஆனால், இவற்றின் இருள்நிலை மின்தடை மிக அதிகமானது. இருபக்கமும் அலுமினியப் பூச்சுக் கொண்ட, 0·2 மி. மீ. அகலம், 0·1 மி.மீ. தடிப்பு, 10 மி.மீ. நீளம் கொண்ட காட்மியம் சல்ஃபைடு 10^8.- ஓம் அளவு மின்தடை பெற்றுள்ளது. இவை எக்ஸ் - கதிர்களையும், துகள் வீசு கதிரையும் பகுத்துக் காணும்போது மிக்க உணர்வுநுட்பம் பெற்றவையாக உள்ளன. ஓர் எக்ஸ் - கதிர் குவான்டத்திற்கு 10^3 எலெக்ட்ரான்களும், ஓர் ஆல்ஃபா அல்லது பீட்டா துகளுக்கு 10^8 - லிருந்து 10^{10} எலெக்ட்ரான்களும் இயக்கம் பெறுகின்றன.

20. வோல்ட்டா ஒளிமின்கலம்

கடத்தி - ஒளிமின் கலத்தில், வெளியிலிருந்து கலத்தின் மின்சுற்றுக்கு ஒரு மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டால்தான் மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. அதேபோல, வெளிவிடு மின்கலத்திலும், வெளியிலிருந்து ஒரு மின்னியக்கு விசை கொடுக்கப்பட்டால்தான் மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. மாறாக, வோல்ட்டா - ஒளிமின்கலங்கள் தாமாகவே மின்னோட்டத்தையும், மின்னழுத்தத்தையும் உண்டாக்கக் கூடியவை. அவை ஒளியூட்டம் பெறும் போது, அவற்றின் மின் முனைகளுக்கிடையே ஒரு மின்னழுத்த வேறுபாடு உண்டாகிறது.

வோல்ட்டா ஒளிமின்கலங்களை ஈரக்கலங்கள் என்றும் ஈரமற்ற கலங்கள் என்றும் இருவகையாகப் பிரிக்கலாம். ஈர வோல்ட்டா-ஒளிமின்கலங்கள், ஒரு மின்பகு பொருளினுள் முழுக்கி வைக்கப்பட்ட இரு மின்வாய்களால் ஆனவை. ஈரமற்ற வோல்ட்டா ஒளிமின்கலங்கள் இரு மின்வாய்களுக்கு இடையில் உள்ள ஒரு குறைகடத்தியின் அடுக்கால் ஆனவை.

ஈர வோல்ட்டா - ஒளிமின்கலங்கள்

ஏறத்தாழ நூறு ஆண்டுகளுக்கு முன்பாகவே, ஒரு மின்பகு பொருளுக்குள் முழுக்கி வைக்கப்பட்டுள்ள இரு மின்வாய்களில் ஒன்றின்மீது ஒளி படும்போது, ஒரு மின்னியக்கு விசை உண்டாவதை, பெக்குவரல் (Becquerel) கண்டுபிடித்தார். தூய உலோக மின்வாய்களுக்கு இந்த விளைவு குறைவாக உள்ளது. ஆனால், ஒளியூட்டம் பெறும் மின்வாய் தாமிர ஆக்சைடு அல்லது வெள்ளி ஹேலைடு போன்ற குறைகடத்திகளால் பூசப்பட்டிருந்தால், உண்டாகும் மின்னியக்கு விசை 0·1 வோல்ட்டாகவும், மின்னோட்ட உணர்வுநுட்பம் ஒரு லூமன் ஒளிக்கு 150 மைக்ரோ ஆம்ப்பியர் ஆகவும் உள்ளது. இவ்விரு வகைகளிலும் ஒளி மின்னோட்டம் நிகழும்போது, மின்வாய்ப் பரப்பில் வேதியியல் மாற்றங்கள் ஏற்

படுவதால், கலத்தில் 'சோர்வு விளைவு' போன்றவை ஏற்பட்டு, உண்டாகும் மின்விளைவைக் குழப்பமுற்றதாக்குகிறது.

இந்த விளைவு இரு விதங்களாக விளக்கப்பட்டுள்ளது. முதல் விளக்கத்தில், ஒளி படும்போது மின்வாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்பட்டு, மின்பகுபொருளுக்குள் செல்லுவதாகக் கொள்ளப்பட்டது. இரண்டாவது விளக்கத்தில், ஒளிபடும் மின் வாயில் ஒரு வேதியியல் வினை தொடங்குவதால், அந்தப் பரப்பின் தன்மை மாறுபடுகிறது; எனவே, இரண்டு மின்வாய்களுக்கிடையில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மாற்றப்படுகிறது எனக் கூறப்பட்டது. இவை இரண்டில், முதலாவது விளக்கம், ஈரக் கலங்களின் இயக்கத் தன்மைக்கு ஒத்ததாக உள்ளது.

நின்றொளிர் மின்பகு பொருளுக்குள் வைக்கப்பட்ட உலோக மின்வாய்களினால் அதிகமான வோல்ட்டா ஒளிமின் விளைவு உண்டாகிறது. அதில் ஒளியூட்டம் பெறும் உலோக மின்வாய் எதிர் மின்வாயாக உள்ளது; உண்டாகும் மின்னியக்கு விசை 0·25 வோல்ட்டாக உள்ளது. இதில் உண்டாகும் மின்னியக்கு விசை, மின் பகுபொருளின் நின்றொளிர் மூலக்கூறுகள் ஒளி அயனியாக்கம் பெறுவதால் உண்டாக்கப்படுவதாகக் கருதப்படுகிறது. மேலும், ஒளியூட்டம் பெறும் மின்வாயிலிருந்து ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் விடுபடுவதில்லை என்றும் கருதப்படுகிறது.

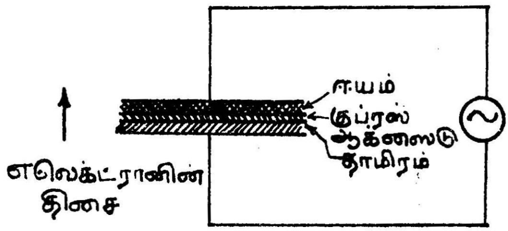
குப்ரஸ் ஆக்சைடுத் தடையடுக்கு மின்கலம்

இக் காலத்தில் வசதியற்ற ஈரக் கலங்களுக்குப் பதிலாக, ஈரமற்ற வோல்ட்டா ஒளிமின் கலங்களே பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

காற்றிலோ அல்லது ஆக்சிஜனிலோ தாமிரத்தை 1000° C லிருந்து 1040°C வரை சூடுபடுத்தினால், சிவப்பு நிறத்திலுள்ள குப்ரஸ் ஆக்சைடு அடுக்கு (Cu_2O) அதன் பரப்பின்மேல் உண்டாகிறது. இதற்கு மேலே கறுப்பு நிறக் குப்ரிக் ஆக்சைடு (CuO) வின் மெல்லிய ஏடும் உண்டாகிறது. ஐந்து நிமிடங்களுக்கு 1000°C வெப்பநிலையில் இதை வாட்டினால், 0·1 மி.மீ. தடிப்புள்ள குப்ரஸ் ஆக்சைடு அடுக்கு அமைகிறது. குளிர விடப்பட்ட பிறகு, கறுப்புக் குப்ரிக் ஆக்சைடு தேய்க்கப்பட்டோ, சோடியம் சயனைடுக் கரைசலில் கரைக்கப்பட்டோ நீக்கப்படுகிறது.

இப்போது குப்ரஸ் ஆக்சைடுப் பரப்பின்மேல் ஓர் ஈய மின் வாயை அழுத்திப் பொருத்தினால், அந்த அமைப்பு ஒரு மின்

னோட்டத் திருத்தியாகச் (current rectifier) செயல்படுகிறது. தாமிர மின்வாயை, ஈய மின்வாயைப் பொறுத்துச் சில வோல்ட் எதிர்மின்னழுத்தம் உள்ளதாகச் செய்தால், ஒரு சதுர அங்குலப் பரப்புள்ள திருத்திக் கலத்தின் வழியாக ஏறக்குறைய ஓர் ஆம்ப்பியர் மின்னோட்டம் நிகழ்கிறது. முனைகளின் திசை மாற்றப் பட்டால் ஒரு மில்லி ஆம்ப்பியர் அளவு மின்னோட்டமே நிகழ்கிறது. இந்தக் குப்ரஸ் ஆக்சைடுத் திருத்தியின் அமைப்பு, படம் 20.1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த மின்னோட்டத் திருத்தியின் செயல் கி.பி. 1920ஆம் ஆண்டு குரோண்டால் (Grondahl) என்பவரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது.



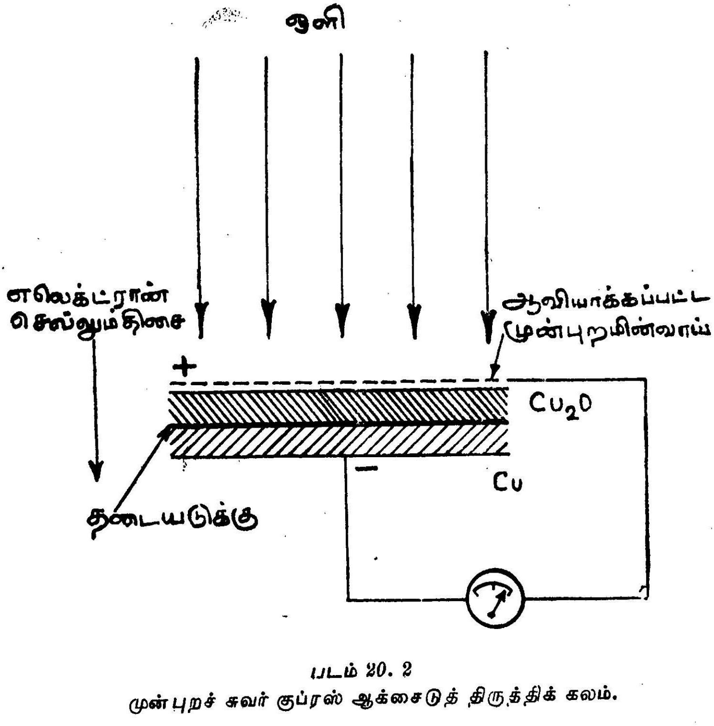
படம் 20.1
குப்ரஸ் ஆக்சைடுத் திருத்தி.

சில ஆண்டுகளுக்குப் பிறகு குரோண்டாலுடன் கெய்கர் (Geiger) என்பவரும் சேர்ந்து, மேலே விவரிக்கப்பட்ட அமைப்பில் ஒளிபுகா ஈய மின்வாய்க்குப் பதிலாக அடர்த்தியற்ற ஈயக் கம்பிச் சுருளைப் பொருத்தி, ஏற்படும் சந்துகள் வழியாகக் குப்ரஸ் ஆக்சைடை ஒளியூட்டம் பெறச் செய்தால், வெளி மின்னியக்கு விசை மூலம் ஏதும் இல்லாமலேயே, ஒரு மின்னோட்டம் நிகழ்வதைக் கண்டுபிடித்தார்கள். இதற்குத்தான் வோல்ட்டா ஒளிமின் விளைவு என்பது பெயர். இதன் பின்னர் லாங்கே (Lange) ஸ்காட்கி (Schotky) ஆகியவர்களால் தனித்தனியே இந்த விளைவு திரும்பவும் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இறுதியில் இதன் பண்புகளையும் நடைமுறையில் இதனைப் பயன்படுத்தக் கூடிய அமைப்புகளையும் அவர்கள் கண்டார்கள்.

குப்ரஸ் ஆக்சைடுப் பரப்பின்மேல் தங்கம் அல்லது வெள்ளி மிகமிக மெல்லிய தடிப்பிற்குத் தெளிக்கப்படுகிறது. இது ஓர் ஒளிபுகும் தொடர்பு மின்வாயாகிறது (contact electrode). மேலேயுள்ள மின்வாய்க்கும் கீழேயுள்ள குப்ரஸ் ஆக்சைடுக்கும் உள்ள நெருங்கிய தொடர்பாலும், படும் ஒளிக்குத் தடை குறை

வாக உள்ளதாலும், கலத்தின் மின்னோட்ட உணர்வுநுட்பம் அதிகமாக உள்ளது. இதுதான் லாங்கேயின் அமைப்பு.

ஆனால் ஸ்காட்கி, ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாவதும், மின்னோட்டத் திருத்தச் செயலும், குப்ரஸ் ஆக்சைடும் தாமிரமும் சந்திக்கும் இடத்திலுள்ள ஒரு மின்காப்பு அடுக்கில் நடைபெறுகின்றன என்று எண்பித்தார். இந்த மின்காப்பு அடுக்குக்கு அவர் **'தடை அடுக்கு'** (barrier layer) என்று பெயரிட்டார்; இந்த அடுக்கு மிகுதியான ஆக்சிஜன் இல்லாத தூய குப்ரஸ் ஆக்சைடு என்றும் கண்டறிந்தார். மிகுதியான ஆக்சிஜன், குப்ரஸ் ஆக்சைடைக் குறைகடத்தியாக ஆக்குகிறது. இது ஒரு குறைபாடே ஆகும். அடுத்துச் செய்யப்பட்ட அளவீடுகளிலிருந்து, இந்தத் தடை அடுக்கின் தடிப்பு ஒரு மைக்ரான் (10^{-6} மீட்டர்) எனத் தெரிய வந்தது. ஒளியூட்டத்தின்போது, ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் குப்ரஸ் ஆக்சைடிலிருந்து தாமிரத்திற்குச் செல்கின்றன.

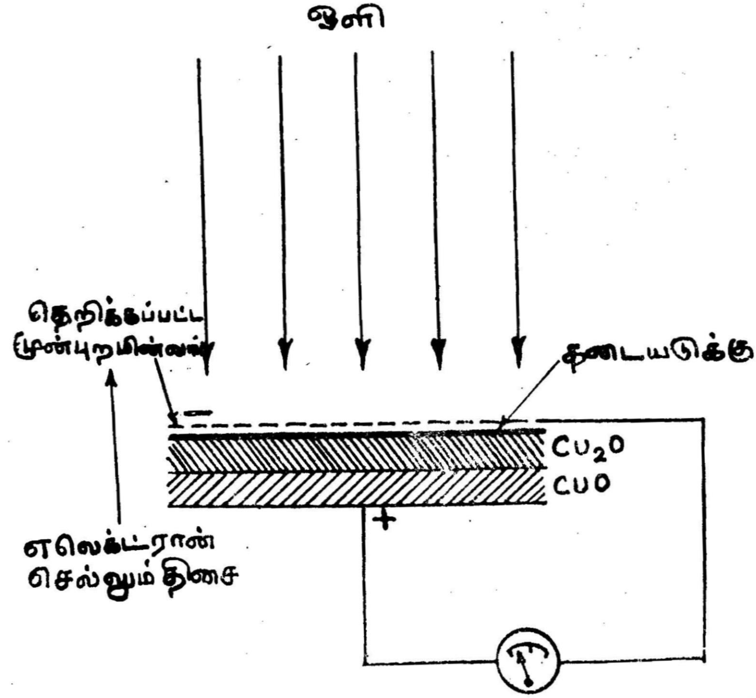


படம் 20. 2
முன்புறச் சுவர் குப்ரஸ் ஆக்சைடுத் திருத்திக் கலம்.

இதுவரை விளக்கப்பட்ட கலங்களில், குப்ரஸ் ஆக்சைடு அடுக்கிற்கும் தாமிர அடுக்கிற்கும் இடையில் தடை அடுக்கு

அமைந்துள்ளது. மேலும், ஒளிபடும் புள்ளியிலிருந்து தொலைவில் அமைந்துள்ளது. இம் மாதிரியான கலங்களுக்கு ஸ்காட்கி, **பின் புறச் சுவர்க் கலங்கள்** (back-wall cells) எனப் பெயரிட்டார். இது படம் 20. 2 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

லாங்கே, டூமே, ஸ்காட்கி ஆகிய மூவரும் சேர்ந்து இன்னொரு வகையான முன்புறச் சுவர்க் கலங்களை (front-wall cells) அமைத்தனர். இதில் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் உண்டாவதும், மின்

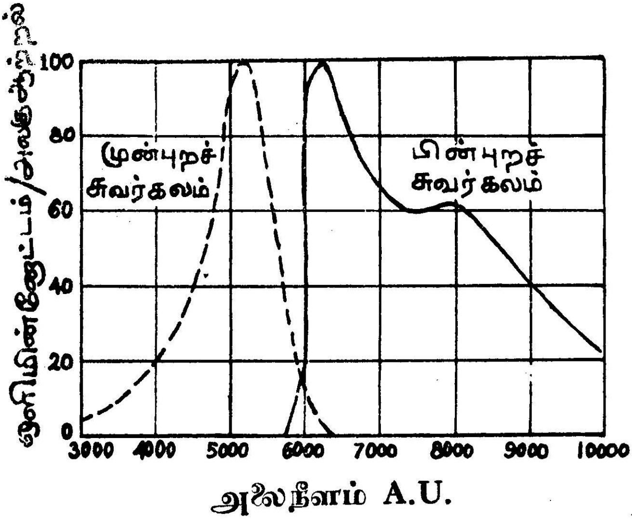


படம் 20. 3

முன்புறச் சுவர் குப்ரஸ் ஆக்சைடுத் திருத்திக் கலம்.

னேட்டத் திருத்தமும் மேலேயுள்ள மின்வாய்க்கும் குப்ரஸ் ஆக்சைடுக்கும் . இடையிலுள்ள எல்லையிலேயே நடைபெறுகின்றன. இது படம் 20. 3 - ல் விளக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் மின்னேட்டத்தின் திசை, பின்புறச் சுவர்க் கலங்களின் திசைக்கு எதிரானது. முன்புறச் சுவர்க் கலத்தில் படும் ஒளி, தடை அடுக்கில் ஒளி மின்னேட்டத்தை உண்டாக்கக் குப்ரஸ் ஆக்சைடு அடுக்கைத் தாண்ட வேண்டியதில்லை யாதலால், அது குப்ரஸ்

ஆக்சைடால் உட்கவரப்படுவதில்லை. ஆகவே, அதன் உணர்வு நுட்பம் பின்புறச் சுவர்க் கலத்தினுடையதைவிட அதிகமானது. மேலும், பின்புறச் சுவர்க் கலத்தின் நிறமாலை — மின்பலன் 14000 A. U. - விருந்து 5700 A. U. வரை அமைந்துள்ளது; பெரும பலன் 6300 A. U -ல் கிடைக்கிறது. இது முன்புறச் சுவர்க் கலத்தில் குறை அலைநீளப் பக்கம் மாற்றப்பட்டுள்ளது. இந்த வளை கோடுகள் படம் 20. 4 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



படம் 20. 4

முன்புறச் சுவர் பின்புறச் சுவர் குப்ரஸ் ஆக்சைடுத் திருத்திக் கலங்களின் நிறமாலை மின்பலன்.

பரப்பு அடுக்கான குப்ரஸ் ஆக்சைடு, ஆக்சிஜன் குறைப்பால் வேதியியல் முறையிலோ அல்லது மின்பகுப்பு முறையிலோ தாமிரமாக ஆக்கப்பட்டு அது மேல் மின்வாயாக அமைந்தால், அந்தக் கலம் முன்புறச் சுவர்க்கலமாகிறது. தூய்மையாக்கப்பட்ட குப்ரஸ் ஆக்சைடுப் பரப்பில் நேர்மின்வாய்ப் பொருள்களான தங்கம், வெள்ளி, பிளாட்டினம், நிக்கல் ஆகியவற்றைத் தெறிப்பதாலும் இந்தக் கலத்தை அமைக்கலாம். மற்றொரு முறையில், 1000°C வெப்ப நிலையில் ஆக்சிஜன் ஏற்றப்பட்ட தட்டுகள், கனிம எண்ணெயிலோ (mineral oil) அல்லது ஃபார்மல்டிஹைடிலோ (formaldehyde) தணிக்கப்படுகின்றன (quenched). இம் முறைகளின் முக்கிய நோக்கம், பரப்பிலிருந்து குப்ரிக் ஆக்சைடையும்,

மிகுதியான ஆக்சிஜனையும் முழுமையாக வெளியேற்றுவதே யாகும்.

வோல்ட்டா ஒளிமின்னோட்டத்தின் தோற்றுவாய்

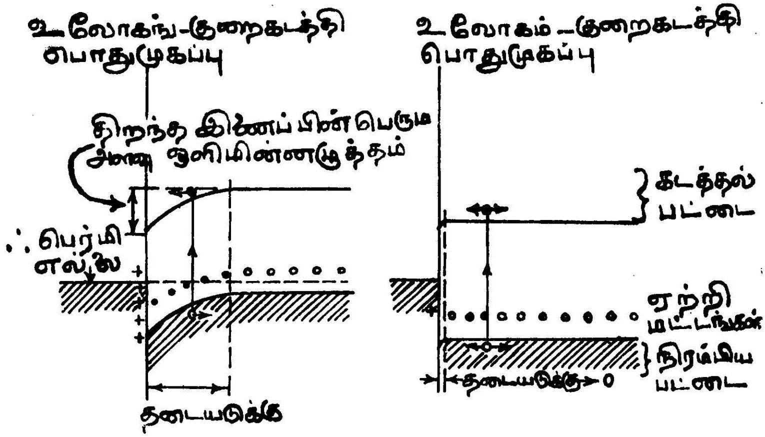
தாமிரம் - குப்ரஸ் ஆக்சைடுக் கலம் இயங்கும் விதம் பெரிதும் பரிசீலிக்கப்பட்டது. அதுபற்றி மொட் (Mott), ஸ்காட்கி ஆகியோரது விளக்கம் கீழே கொடுக்கப்பட்டுள்ளது. இந்த விளக்கம் பரிசோதனை முடிவுகள்படியும் சரியாக உள்ளது.

குப்ரஸ் ஆக்சைடு மிகுதியான ஆக்சிஜனைப் பெற்றிருப்பதால் அது ஒரு குறையுள்ள கடத்தியாகும். அதன் நிரப்பப்பட்ட ஆற்றல் பட்டையில் காலி இடங்கள் அல்லது தொளைகள் இருப்பதால், அது மின்னோட்டத்தைக் கடத்துகிறது. இந்த ஆற்றல் பட்டையில் உள்ள எலெக்ட்ரான்கள் வெப்பத்தால் கிளர்ச்சியுறும்போது, மிகுதியான ஆக்சிஜன் அணுக்கள் கொடுக்கும் மாசுற்ற ஆற்றல் மட்டங்களைக் கிளர்ச்சியுற்ற எலெக்ட்ரான்கள் நிரப்புவதால் இந்தக் காலி இடங்கள் (தொளைகள்) உண்டாகின்றன. நிரப்பப்பட்ட ஆற்றல் பட்டையிலிருந்து மாசுற்ற ஆற்றல் மட்டத்திற்கு எலெக்ட்ரான்களை மாற்றுவதற்கு 0·3 எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அளவு ஆற்றல் தேவை. நிரப்பப்பட்ட ஆற்றல் பட்டையிலிருந்து காலியான கடத்தல் பட்டைக்கு எலெக்ட்ரானை உயர்த்த இன்னும் அதிகமான ஆற்றல் — 0·7 எலெக்ட்ரான் வோல்ட் அளவு ஆற்றல் — தேவை.

கலத்தில் குப்ரஸ் ஆக்சைடும் தாமிரமும் நெருங்கிய தொடர்புள்ளவையாக வைக்கப்படுகின்றன. குப்ரஸ் ஆக்சைடின் வெளியேற்று ஆற்றல் தாமிரத்தினுடையதைவிட அதிகமானது. ஆகவே, தாமிரத்தின் எலெக்ட்ரான்கள் அருகிலுள்ள மாசுற்ற ஆற்றல் மட்டங்களை நிரப்புகின்றன. அப்போது அவ்விடத்தில் ஓர் எதிர் - சூழ்மின்னோட்டம் உண்டாக்கப்படுகிறது. அதனால் அருகிலுள்ள உலோகப் பரப்பின்மேல் சமமான ஒரு நேர் - சூழ் மின்னோட்டம் தூண்டப்படுகிறது. எனவே, காப்பு அடுக்கின் இருபுறங்களுக்கிடையில் ஒரு மின்புலம் உருவாகிறது. படம் 20. 5 - ல் காட்டியுள்ளபடி, மாசுற்ற ஆற்றல் மட்டங்களை எலெக்ட்ரான்கள் நிரப்பும் இடங்களில் இந்தப் புலம் உண்டாகிறது.

நிரப்பப்பட்ட ஆற்றல் பட்டையின் மேற்புறத்திற்கும், குறை கடத்தியின் உட்புறத்திலுள்ள காலியான மாசுற்ற ஆற்றல் மட்டத்திற்கும் உள்ள தூரத்தின் நடு எல்லையுடன் உலோகத்தினுள் உள்ள எலெக்ட்ரான் பகிர்வின் மேற்புறம் ஒன்றியிருக்குமாறு

இந்தப் புலத்தின் அளவும், தடை அடுக்கின் தடிப்பும் அமை கின்றன. தாமிரம் - குப்ரஸ் ஆக்சைடு இவற்றின் பொது முகப்பில்



படம் 20. 5

தாமிரம் — குப்ரஸ் ஆக்சைடுக் கலத்தில்
வோல்ட்டா ஒளிமின் விளைவின் தோற்றுவாய்.

(interface) ஆற்றல் மட்டங்களின் நிலைகள், அவற்றின் வெளி யேற்று ஆற்றல்களால் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றன. இப்படிப்பட்ட சூழ்நிலைகளால் இரண்டு திசைகளிலும் உண்டாகும் மின்னூட்ட நகர்வுகள் (drifts) சமநிலையைப் பெற்றிருக்கின்றன.

இப்போது ஒளிக்கிளர்ச்சியினால் குறைகடத்தியின் நிரப்பப் பட்ட ஆற்றல் பட்டையிலிருந்து காலியான கடத்தல் பட்டைக்கு எலெக்ட்ரான்கள் உயர்த்தப்பட்டால் அவை காலியான மாசுற்ற ஆற்றல் மட்டங்கள் ஒன்றில் விழுந்து விடுகின்றன. ஆகவே, கடத்தலை அவை அதிகரிப்பதில்லை. மாறாக ஒளிக்கிளர்ச்சி தடை அடுக்கில் ஏற்பட்டால், அங்குக் காலியான ஆற்றல் மட்டங்கள் இல்லாததால் எலெக்ட்ரான்கள் கிளர்ச்சியுற்ற நிலையில் அதிக நேரம் நிலைத்திருக்கும். ஆகவே, தடை அடுக்கின் மேலுள்ள மின்புலம் கிளர்ச்சியுற்ற எலெக்ட்ரான்களை உலோகத்தை நோக்கி முடுக்கமுறச் செய்கிறது. அப்போது கொடுக்கப்பட்ட திசையில் ஒளிமின்னோட்டம் நிகழ்கிறது.

இந்தக் கொள்கைப்படி, திறந்த மின் சுற்றில் உண்டாகும் மின்னழுத்தம், செறிவு மிக்க ஒளியூட்டத்திற்கு, உலோகம் - குறை கடத்தி இவற்றின் வெளியேற்று ஆற்றல்களின் வேறுபாட்டிற்கு

அருகில் அமையவேண்டும். அல்லது பரப்பு - ஆற்றல் மட்ட விளக்கப்படி, நிரப்பப்பட்ட ஆற்றல் பட்டையிலிருந்து எலெக்ட்ரானைக் கடத்தல் பட்டைக்கு அனுப்பத் தேவைப்படும் கிளர்ச்சி மின்னழுத்தத்திற்கும், நிரப்பப்பட்ட பட்டையிலிருந்து எலெக்ட்ரானைக் காலியான மாசுற்ற ஆற்றல் மட்டத்திற்கு அனுப்பத் தேவையான கிளர்ச்சி மின்னழுத்தத்திற்கும் உள்ள வேறுபாட்டில் பாதி அளவை நெருங்கவேண்டும். திறந்த மின்சுற்றில் காணப்பட்ட பெரும அளவு மின்னழுத்த வேறுபாடு 0·2 வோல்ட். இது சரியான அளவிலேயே உள்ளது. இந்தச் சிறிய மின்னழுத்த வேறுபாட்டில், குறைகடத்தியின் பரப்பு அடுக்கின் மேலும், அதனல் தடை அடுக்கின் மேலும் உண்டாகும் மின்புலம் மறைந்து விடுகிறது. எனவே, ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் உலோகத்தை நோக்கி முடுக்கமுறச் செய்யப்படுவதில்லை.

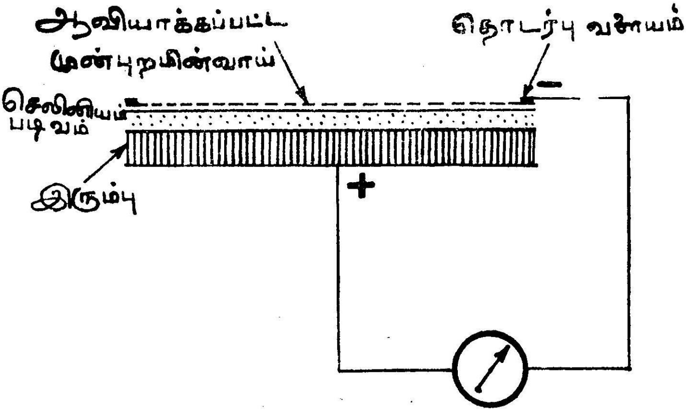
செலினியம் தடை அடுக்கு மின்கலம்

வோல்ட்டா ஒளிமின்விளைவு, இயற்கையில் கிடைக்கும் வெள்ளி சல்ஃபைடு, துத்தநாக சல்ஃபைடு, மோலிப்டினம் சல்ஃபைடு, லெட் சல்ஃபைடு ஆகியவற்றிலும், இன்னும் மற்றப் பொருள்களிலும் காணப்பட்டது. செலினியத்தில் இந்த விளைவு ஏற்படுவதைக் கி.பி. 1876 - லேயே ஆடம்ஸ், டே (Adams and Day) ஆகிய இருவரும் கண்டுபிடித்தனர். கி.பி. 1884 - ல் ஃபிரிட்ஸ் (Fritts) என்பவர் உணர்திறனுள்ள ஒரு செலினியம் தடை அடுக்கு கலத்தை அமைத்தார். அது இக்காலத்திய கலங்களைப் போன்றே இருந்தது. எனினும், செலினியம் ஒளித் தனிமங்கள் கி.பி. 1930-ல் லாங்கேயாலும் (Lange) கி.பி. 1931 - ல் பெர்க்மென் (Bergman) என்பவராலும் மறுமுறையும் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட பின்னர்த்தான், செலினியம் தடை அடுக்கு மின்கலங்கள் நடைமுறைக்கு வந்தன.

ஓர் இரும்பு ஆதாரத் தட்டின் மேல் செலினியம் உருக்கப்பட்டுத் தூய்மையாக்கப்பட்டு, மணலுடன் 175°C வெப்பநிலையில் சூடாக்கப்படுகிறது. பிறகு 80°C - ல் பண்படுத்தும்போது, செலினியம் மறுபடியும் தன்னுடைய படிக அமைப்பைப் பெறுகிறது. செலினியத்துடன் ஏறத்தாழ 2 சதவீதத் தோரியம், சிர்க்கோனியம் அல்லது சீரியம் (cerium) சேர்க்கப்பட்டால், உண்டாகும் ஒளி மின்னோட்டமும், மின்னோட்டத் திருத்தும் தன்மையும் அதிகரிக்கின்றன. மேல்மின்வாய், ஆவியாக்குதலாலோ, தெறித்தலாலோ அல்லது தெளித்தலாலோ அமைக்கப்படுகிறது. மேல் மின்வாய்ப் பொருளால் கலத்தின் பண்புகள் மாற்றப்படுவதில்லை.

செலினியம் தடை அடுக்கு கலங்கள் யாவும் முன்புறச் சுவர்க் கலங்களே. இந்தக் கலத்தின் அமைப்பைப் படம் 20.6

காட்டுகிறது. குப்ரஸ் ஆக்சைடைப் போலச் செலினியமும் ஒரு குறையுள்ள (p வகை) குறைகடத்தியே. இதில் வோல்ட்டா

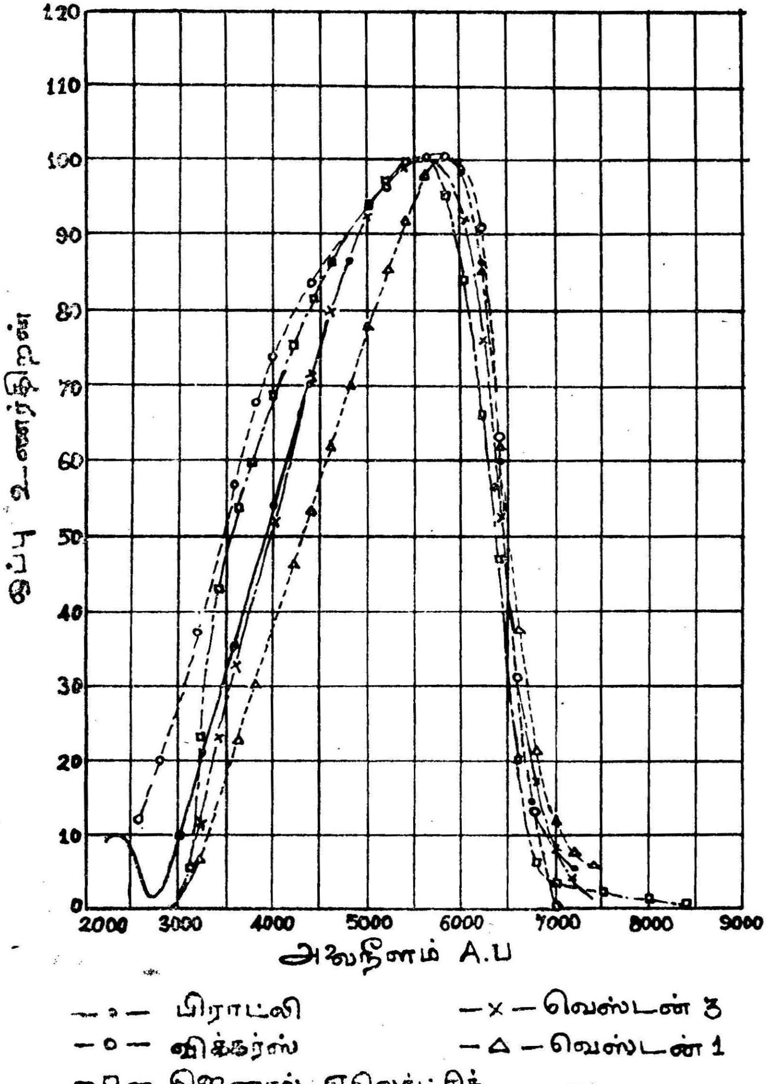


படம் 20. 6
செலினியம் தடையடுக்கு ஒளிமின் கலம்.

ஒளிமின் விளைவு முன்பு விளக்கப்பட்ட முறையிலேயே உண்டாகிறது.

செலினியம் கலங்கள் வெப்பநிலை மாறுபாட்டால் தங்கள் உணர்வு நுட்பங்களை மாற்றிக்கொள்வதில்லை; நீண்ட காலத்திற்கு நிலையான பலன்களைக் கொடுக்கின்றன. ஆகவே, நடைமுறையில் உள்ள தடை அடுக்கு கலங்கள் பெரும்பாலும் செலினியம் கலங்களாகவே உள்ளன. அவற்றின் நிறமாலை மின்பலனின் பெரும அளவு மனிதக் கண்ணின் பெரும அளவு உணர்வு நுட்பம் உள்ள அலைநீளத்திற்கு அருகில் உள்ளது. பல செலினியம் கலங்களின் நிறமாலை - மின்பலன்கள் ஒரே மாதிரியாக உள்ளன. இது படம் 20. 7 - லிருந்து தெரிகிறது.

ஒரு தடை அடுக்கு மின்கலத்தை மின்னியல் முறைப்படி ஒரு மின் இயற்றியாக (current generator) எடுத்துக்கொள்ளலாம். இது படம் 20. 8 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த இயற்றி C அளவு தேக்கு திறனுல் இணைத்தடம் (shunt) பெற்றுள்ளதாகவும், அக மின்தடை R_i என்றும், R_s என்ற சிறு மின்தடையுடன் தொடர் இணைப்புப்பெற்றுள்ளதாகவும் எடுத்துக்கொள்ளலாம். கலத்தின் முதன்மை ஒளிமின்னோட்டம் i_p என்றும், வெளிவிடு மின்தடை

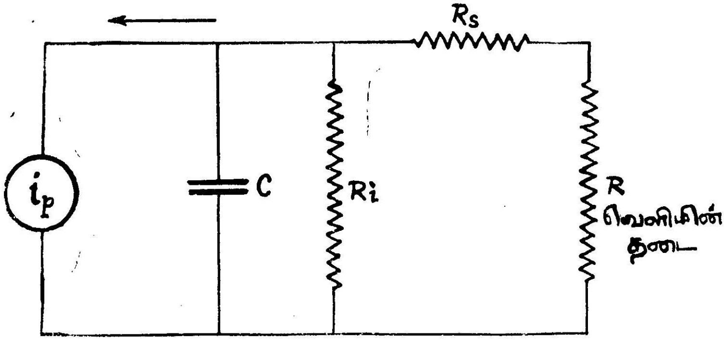


படம் 20. 7

பலவகை செலினியம் தடையடுக்கு கலங்களின் உணர் திறன் வளைகோடுகள்.

(load resistance) R என்றும் வைத்துக்கொண்டால், R-ன் வழியாகச் செல்லும் மின்னோட்டம்,

$$i = \frac{i_p R_i}{R_i + R_s + R}$$



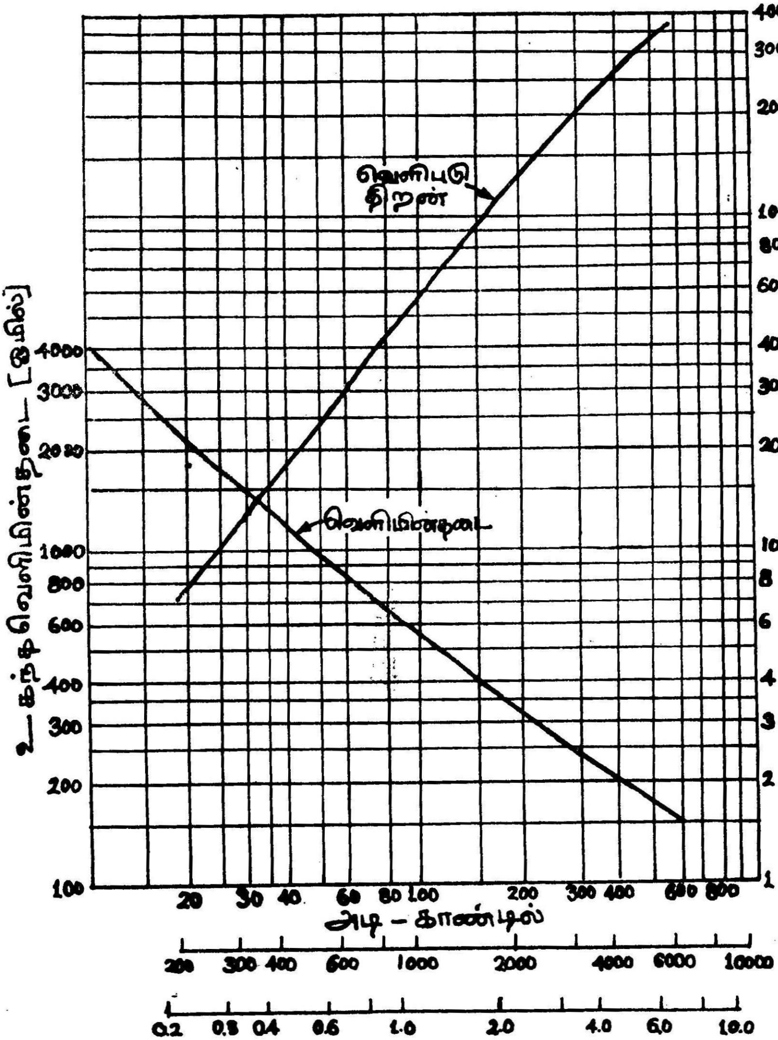
படம் 20. 8
தடையடுக்கு கலத்தின் இணைமாற்றுச் சுற்று.

இதில் R_s என்ற தொடரிணைப்பு மின்தடை மேல்மின் வாயினால்தான் உண்டாகிறது. R_i-ன் மதிப்பு, கலத்தின் மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்து மாறுகிறது.

செலினியம் கலத்தின் திறந்த மின்சுற்று மின்னழுத்தம், ஒளியூட்டத்துடன் நேர்க்கோட்டுத் தொடர்பு கொண்டதன்று. கலத்தின் குறுக்குச் சுற்று (short circuit) மின்னோட்டம் பரப்பின் மேல் படும் ஒளிப்பாயத்திற்கு நேர் விகிதத்தில் உள்ளது. திறந்த சுற்று (open circuit) மின்னழுத்தம் ஓரலகு பரப்பின்மேல் படும் ஒளிப்பாயத்தைப் பொறுத்தது.

தடை அடுக்கு கலங்களினால் திறன் மாற்றம்

ஒரு தடை அடுக்கு கலத்தின் வெளிவரு திறன் (output power), அதன் வெளிவரு மின்னோட்டத்தின் (i) இருமடியையும் வெளிவரு மின்தடை (load resistance R) யையும் பெருக்குவதால் கிடைக்கிறது. அக மின்தடை R_i யை மாறிலியாக்கி, வெளிவரு மின்தடை R-ஐ அதற்குச் சமமாகவும், R_s-ஐச் சிறியதாக்கிக் கணக்கீட்டில் எடுத்துக்கொள்ளாமலும் இருந்தாலும், கலத்தின் வெளிவரு திறன் பெரும அளவை அடைகிறது. அக மின்தடை வெளிவரு மின்தடையைப் பொறுத்துள்ளதால், வெளிவரு மின்தடையின் உகந்த (optimum) அளவு அகமின் தடையின் மூன்றில் இரண்டு பங்குக்குச் சமமாகிறது.



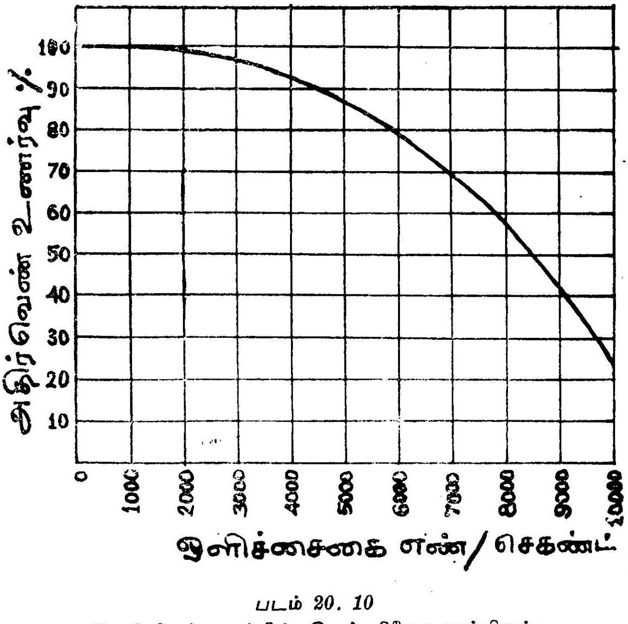
படம் 20 9

ஒளியூட்டத்தைப் பொறுத்து உகந்த வெளிவரு மின் தடையும் அதைச் சார்ந்த வெளிவருதிறனும் மாறுபடுதல்.

ஒரு தடை அடுக்கு கலத்தின் உகந்த வெளிவரு மின் தடையிலும், வெளிவரு திறனிலும் ஒளியூட்டத்தினல் உண்டாகும் மாறுபாடுகளைப் படம் 20. 9-ல் காட்டுகிறது. ஒளியூட்டம் அதிகரிக்கும்போது, கலத்தின் செயல்திறம் சிறிதளவுதான் அதிகரிக்கிறது. ஆகவே, தடை அடுக்கு கலம், ஒளியை மின் ஆற்றலாக மாற்றுவதற்கு உகந்த அமைப்பு அன்று.

இயக்கவியல் பலன்

செலினியம், குப்ரஸ் ஆக்சைடு தடை அடுக்கு கலங்களின் பலன் உடனுக்குடன் உண்டாவது. செகண்டிற்குச் சில ஆயிரம் முறை தடையுறும் ஒளிச் சைகைகளுக்கு இக் கலங்களில் உண்டாகும் வெளிவரு பலன் விரைவாகக் குறைபடுகிறது. இது படம் 20. 10 -ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்தக் குறைவு, கலங்களின் மின் தேக்கு திறனுல் உண்டாகிறது. தகுந்த வெளிச்சுற்றுகளால் இது ஈடு செய்யப்படுகிறது. குப்ரஸ் ஆக்சைடுக் கலங்களின் தேக்குதிறன் குறைவானதால், அவற்றின் இயக்கவியல் பலன்கள் இதைவிடச் சிறந்தவையாக இருக்கும்.



படம் 20. 10
செலினியம் கலத்தின் இயக்கநிலை உணர்திறன்.

செலினியம் தடை அடுக்கு கலங்கள் ஒளி படும்படி உள்ள போது தற்காலிகச் "சோர்வைப்" பெறுகின்றன. ஒளியூட்டத்தின்

செறிவு அதிகரிக்கும்போது இந்தச் சோர்வின் அளவும் அதிகரிக்கிறது. வெவ்வேறு கலங்களுக்கு வெவ்வேறு அளவு சோர்வுகள் உண்டாகின்றன. மேலும், இது வெளிவரு மின்தடையின் அளவைப் பொறுத்துச் சில சமயங்களில் திசை மாறும்படியாகக்கூட அமைகிறது. ஒளியூட்டம் நின்ற பிறகு, கலம் தன்னுடைய பழைய உணர்வு நுட்பத்தைப் பெறுகிறது. நீண்ட காலங்களுக்கு இக் கலம் உறுதியாக இருக்கிறது.

செலினியம் கலத்தின் வெளிவரு மின்னோட்டம் அதன் அக மின்தடையைப் பொறுத்துள்ளதால், வெப்பநிலையால் அக மின்தடை மாறும்போது வெளிவரு மின்னோட்டமும் மாறுகிறது. ஆகவே, சிறிய அளவு வெளிவரு மின்தடைகளுக்கு வெப்பநிலை மாறுபாட்டால் உண்டாகும் ஒளி மின்னோட்ட மாறுபாடு மிகச் சிறியது. அதிக வெளிவரு மின்தடைகளுக்கு வெப்பநிலை மாற்றத்தால் உண்டாகும் ஒளிமின்னோட்ட மாறுபாடு கலத்தின் அக மின்தடை மாறுபாட்டிற்கு நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. கலத்தின் வெப்பநிலையை 60°C - க்குமேல் அதிகரித்தால், கலத்தின் பண்புகள் நிலையாக மாற்றப்படலாம்.

செலினியம் தடை அடுக்கு மின்கலங்களின் உணர்திறன் பரப்புகள் கண்ணாடி அல்லது மெருகெண்ணெய் அல்லது வடிகட்டியால் பாதுகாக்கப்பட்டு ஒரு பேக்லைட் (bakelite) பெட்டியினுள் வைத்து உண்டுபண்ணப்படுகின்றன. இவற்றின் நீண்ட கால உறுதித் த்ன்மையாலும், வெளிப்புறத் திறன் மூலத்தைத் தவிர்க்கும் தன்மையாலும், இவை ஒளி அளவீட்டுக் கருவிகளின் அமைப்பிலும், மின் அஞ்சல் (relay) அமைப்புகளிலும் முக்கியமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

21. மின் இணைப்புகளும் பெருக்கமும்

ஒளி மின்கலங்கள் அடிப்படையான இரண்டு தேவைகளை நிறைவு செய்கின்றன. அவையாவன :

(1) ஒளிச் செறிவுகளை அளத்தல்: இதற்கு, மின்கலத்தின் மீது படும் ஒளிப் பாயத்திற்கேற்பக் குறிகாட்டி ஒன்று செயல் படுகிறது.

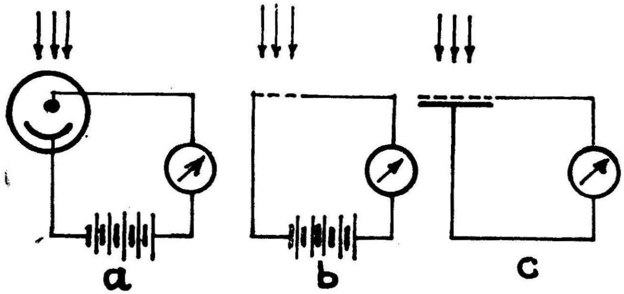
(2) ஒளிச் செறிவின் மாறுதலுக்கு ஏற்ப இயந்திரங்களைச் செயல்படச் செய்தல்: இதற்கு, ஒளிப் பாயங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவைவிட அதிகமாகும்போதோ அல்லது குறையும்போதோ அஞ்சல் (relay) ஒன்று தொடங்கப்படுகிறது அல்லது நிறுத்தப் படுகிறது. இந்த இரண்டு செயல்களுக்குமே தேவையான அடிப்படை மின்சுற்றுகள்பற்றியும், பெருக்கம் (amplification) பற்றியும் இங்குப் பார்ப்போம்.

ஒளியை அளப்பதற்கான அடிப்படை மின்சுற்றுகள்

ஒளிக்குழாய்கள், கடத்தி - ஒளி மின்கலம், வோல்ட்டா - ஒளிமின்கலம் ஆகியவற்றைக்கொண்டு ஒளிச் செறிவுகளை அளப்ப தற்கான அடிப்படை மின்சுற்றுகள் படம் 21. 1 - ல் காட்டப்பட் டுள்ளன. முதல் இரண்டிலும் மின்னியக்கு விசை மூலமும், அக மின் தடையும், மின்னோட்ட அளவு கருவியும் உள்ளன. வோல்ட்டா ஒளி மின்கலத்திற்கு மின்னோட்ட அளவு கருவி மட்டுமே போதுமானது. ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய்களுக்குச் சற்று வேறுபட்ட மின்னழுத்தங்கள் தேவைப்படுவதால் அவை பற்றி அடுத்த பகுதியில் பார்க்கலாம்.

இப்போது இந்த மூன்றுவகை மின்கலங்களுடனும் பயன் படுத்தப்படும் மின்னோட்ட அளவு கருவிகளைப்பற்றிப் பார்க்க லாம். இவற்றின் பொதுவான அமைப்பில், ஒரு சுழற்சித்

தானத்தில் வைக்கப்பட்ட சுருள், ஆரக்கால் காந்தப் புலத்தில் சுழல்கிறது. சுருள் வில்லினால் இரட்டைத் திருப்பு திறன் (torque)



படம் 21. 1

ஒளிமின்னோட்டத்தை அளப்பதற்கான அடிப்படை மின்சுற்றுகள்.
a. ஒளிகுழாய்; *b*. கடத்தி - ஒளிமின்கலம்; *c*. வோல்ட்டா ஒளிமின்கலம்.

அளிக்கப்படுகிறது. சுருளோடு நன்கு இணைக்கப்பட்ட குறிமுள் அளவுகோலில் அளவுகளைக் காட்டுகிறது. சுருள் வழியாக மின்னோட்டம் பாயும்போது, ஓர் இரட்டைத் திருப்புதிறன் அதன் மேல் செலுத்தப்படுகிறது. மின்னோட்டம், ஆரக்கால் காந்தப் புலச் செறிவு, சுருளின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பைச் சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையோடு பெருக்கிக் கிடைக்கும் தொகை ஆகியவற்றுக்கு இந்த இரட்டைத் திருப்புதிறன் நேர்விகிதத்தில் உள்ளது. அளவுகோல் பிரிவுகளில் ஏற்படும் விலக்கத்திற்கும் சுருளின் வழியாகப் பாயும் மின்னோட்டத்திற்கும் உள்ள விகிதம் 'மின் நுட்பத்திறன்' (current sensitivity) எனப்படுகிறது.

காந்தப் புலம், சுருளின் குறுக்கு வெட்டுப் பரப்பு, சுற்றுகளின் எண்ணிக்கை ஆகியவற்றிற்கு மின்நுட்பத் திறன் நேர் விகிதமாக இருக்கிறது. சுற்றுகளின் எண்ணிக்கையை அதிகப் படுத்துவதாலும், மின் கடத்தியின் தடிப்பத்தைக் குறைப்பதாலும் மின்நுட்பத்திறனை அதிகரிக்கலாம்.

இத்தகைய எளிய மின் சுற்றுகளில் கடத்தி - ஒளி மின் கலங்களே அதிக உணர்வு நுட்பம் உடையனவாக விளங்குகின்றன.

அஞ்சல்

அஞ்சல் (relay) என்பது ஒரு சுவிட்சு. இஃது அதிக மின்னோட்டங்களைக் கட்டுப்படுத்தி, மிகச் சிறிய மின்னோட்ட

மாறுதல்களால் செயல்படுகிறது. இத்தகைய அஞ்சல்களை இயக்குவதற்கு ஒளிமின் கலங்களிலிருந்து வரும் ஒளிமின்னேட்டம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. ஒளி அளவீடுகளில் மற்றக் கருவிகளுடன் பயன்படுத்தப்படுவதைப் போலவே, ஒளிமின் கலங்கள் அஞ்சல்களுடன் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. தடையடுக்கு மின் கலங்களால் வெளிப்படுத்தப்படும் மிகப் பெரும் மின்னேட்டங்களைக் கட்டுப்படுத்தச் சற்றுச் சிக்கலான அஞ்சல்கள் பயன்படுகின்றன. ஒளிக்குழாய்கள், கடத்தி - ஒளிமின்கலங்கள் ஆகியவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் பெரும் மின்னேட்டங்களை வாயு - அஞ்சல் குழாய்கள் (தைரட்ரான்) கொண்டு கட்டுப்படுத்தலாம்.

பெருக்க வேண்டிய தேவை

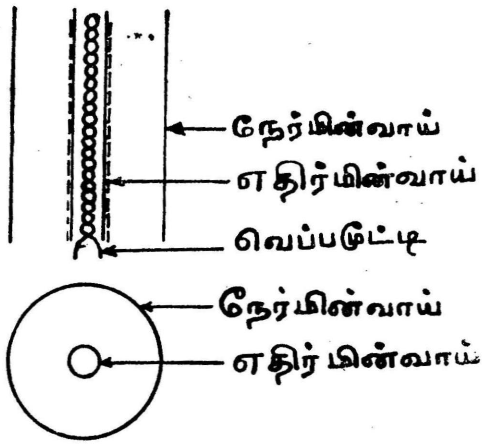
ஓர் ஒளிக்குழாய் அல்லது தடையடுக்கு மின்கலத்தைக் கொண்டு ஓரளவுக்குத் துல்லியமாக அளக்கக்கூடிய மிகக் குறைந்த ஒளிப் பாயத்தின் அளவு 0·1 லூமன்; மிகக் குறைந்த ஒளி விளக்கத்தின் அளவு 100 லக்ஸ். ஒளி அஞ்சல்களைச் செயல்படுத்த இதைவிட அதிகமான மதிப்புகள் தேவைப்படுகின்றன. இதனால் ஒளி மின்னேட்டத்தைப் பெருக்கவேண்டிய தேவை ஏற்படுகிறது. மேலும், ஒளிக்குழாய்களையும் ஒளிமின்கலங்களையும் ஒலிப் பதிவுக் கருவிகளிலும், தொலைக்காட்சிப் பரப்பிகளிலும், எடுப்பிகளிலும், இன்னும் இதுபோன்ற வேறு கருவிகளிலும் பயன்படுத்தும்போது, கிடைக்கும் ஒளிமின்னேட்டத்தைப் பெருக்கவேண்டிய தேவை ஏற்படுகிறது.

ஏதாவது ஒரு கருவியின் துணைகொண்டு, கிடைக்கும் ஒளி மின்னேட்டத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குப் பன்மடங்காகப் பெருக்கவேண்டும். இதில் முக்கியமானது வெற்றிடக் குழாய்ப் பெருக்கி.

வெப்ப அயனி வெற்றிடக் குழாய்கள்

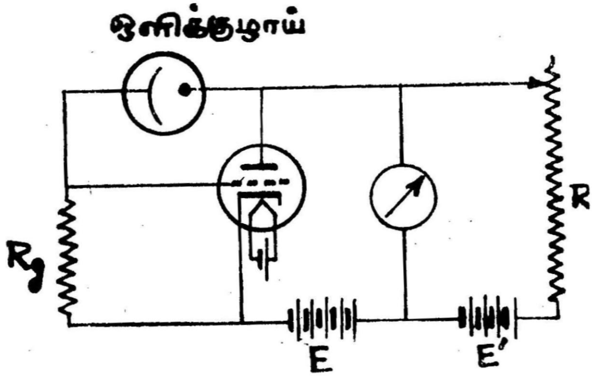
வெற்றிடமாக்கப்பட்ட ஒரு குழாயினுள் இரண்டு மின்வாய்கள் இருந்து, அதில் எதிர்மின்வாயை வெப்பமூட்டினல் அதிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படும். இந்த எலெக்ட்ரான்களை நேர்மின்வாய் சேகரிக்கும். வெப்பநிலை அதிகரிக்க அதிகரிக்க இந்த வெளியீடும் அதிகரிக்கும். டங்க்ஸ்டன் அல்லது டேன்டலம் உலோகங்களை எதிர்மின்வாயாகப் பயன்படுத்தி அதிக வெப்பநிலைகளில் அதிக எலெக்ட்ரான் வெளியீட்டைப் பெறலாம். டங்க்ஸ்டன்மீது தோரியம் பூசி அல்லது நிக்கல்மீது பேரியம் ஆக்சைடுகளைப் பூசிக் குறைந்த வெப்பநிலைகளிலேயே அதிக எலெக்ட்ரான் வெளியீட்டைப் பெறலாம்.

இப்போது படம 21. 2 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல, ஆக்சைடு பூசப்பட்ட எதிர்மின்வாய்களே பெரும்பாலான



படம் 21. 2
டயோடில் மின்வாய்களின் அமைப்பு.

வெப்ப அயனி பெருக்கிக் குழாய்களில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை டயோடு (Diode) என வழங்கப்படுகின்றன. இவை 1000°K வெப்பநிலையில் சதுர மீட்டருக்கு 10^7 ஆம்ப்பியர் மின்னோட்டம் தருகின்றன.

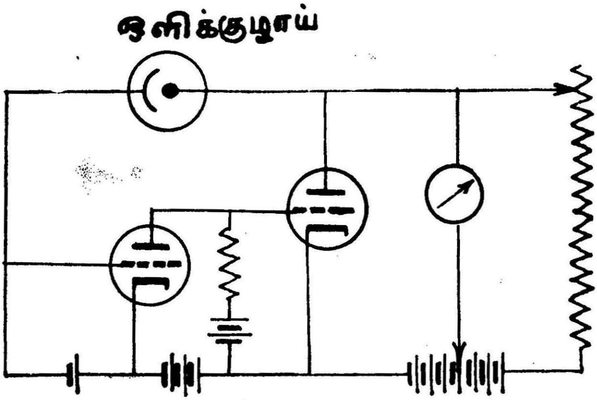


படம் 21. 3
சிறிய ஒளிமின்னோட்டத்தை அளப்பதற்கான டிரயோடுப் பெருக்கி.

சிறிய ஒளிமின்னோட்டங்களைப் பெருக்குவதற்காக டிரயோடுகளைப் (triode) பயன்படுத்தும் முறை, படம் 21. 3 - ல் காட்டப்

பட்டுள்ளது. டிரயோடுக் குழாயில் கிரிட் மின்னழுத்தம் நிலையாக இருக்கும்போது நேர்மின்னோட்டத்தைப் பொறுத்து நேர் மின்னழுத்தம் மாறுகிறது. வெளியிலிருந்து வரும் மின்னழுத்தத்திலோ அல்லது டிரயோடுப் பண்பியல்களிலோ ஏற்படும் சிறு மாறுதல்களுக்குக்கூட இந்த மின் சுற்றின் உணர்வு நுட்பம் அதிகமாக இருப்பது இதன் குறையாகும்.

மேற்கூறிய மின்சுற்றைக்கொண்டு ஒளிக்குழாயின் வெளியீட்டைத் தேவையான அளவுக்குப் பெருக்க முடியாவிட்டால், படம் 21. 4 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல அடுத்தடுத்த இரண்டு



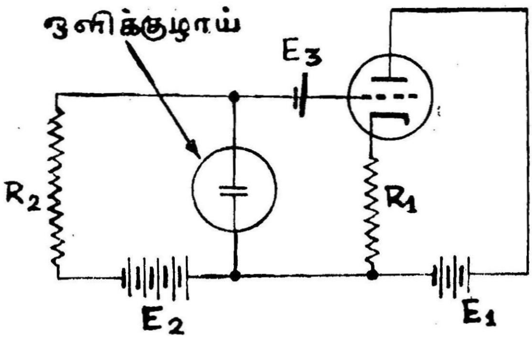
படம் 21. 4
இணைக்கப்பட்ட பெருக்கி.

மூன்று நிலைகளைப் பயன்படுத்திப் பெருக்கலாம். ஒளிக்குழாயின் மீது ஒளி படாதபோது, வெளிவரு மின்னோட்டத்தை அளக்கும் கருவி பூச்சியம் காட்டுமாறு வெளிமின்னழுத்தத்துடன் அஃது இணைக்கப்படுகிறது. இதிலும் நிறைந்த ஈட்டம் (gain) பெறுவதற்காக அதிகமான நிலைகளைப் பயன்படுத்தும்போது, வெளி மின்னழுத்த மாறுதல்களுக்கு உணர்வு நுட்பம் அதிகமாக இருக்கிறது ; இதனால் அளவு கருவியில் காட்டப்படும் அளவுகள் சரியான அளவுகளாக இல்லாமற் போகலாம்.

கடத்தி, வோல்ட்டா ஒளிமின்கலங்களுக்கான இணைப்புகள்

வோல்ட்டா - ஒளிமின்கலங்கள், கடத்தி - ஒளிமின்கலங்கள் ஆகியவற்றின் ஒளிமின்னோட்டம், செலுத்தப்படும் மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்து அமைவதால், அவை சாதாரண ஒளிக்குழாய்

களினின்றும் மாறுபடுகின்றன. அதிக அகமின் தடைகளுடன் கூடிய பெருக்கிகளை, இந்த ஒளிமின்கலங்களுடன் தொடர் இணைப்பில் சேர்த்தால், அவற்றின் மின்னோட்ட வெளியீடு ஒளி விளக்கத்தோடு நேர்க்கோட்டுத் தொடர்பற்றதாக இருக்கிறது. கிரிட்டிற்கும் எதிர்மின்வாய்க்கும் இடையிலுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு மாறிலியாக இருப்பதாலும், உள்ளிடு சைகையின் எண் மதிப்பைப் பொறுத்ததாக இல்லாததாலும், பின்னூட்டப்



படம் 21 5.
ஒளிப்பாயத்திற்கு நேர்விகிதமான மின்னோட்டம் பெற உதவும் மின்சுற்று.

பெருக்கி உள்ள மின் இணைப்பில், மின்கலத்தின் குறுக்கே மாருத மின்னழுத்தம் இருக்கவேண்டும். படம் 21. 5-ல் காட்டப் பட்டுள்ள மின் சுற்றில் இத் தேவை நிறைவுசெய்யப்பட்டுள்ளது. அதில் E_1 என்பது நேர்மின்னழுத்த வழங்கீடு; E_2 என்பது மின் கலத்திற்கான மின்னழுத்த மூலம்; E_3 என்பது கிரிட் நிலைமின் னழுத்தம். இதில் E_2 என்பது வோல்ட்டா - ஒளிமின்கலங்களுக்குத் தேவையில்லை. ஒளிமின்கலத்தினால் வெளிப்படுத்தப்படும் ஒளி மின்னோட்டம் i_p என வைத்துக்கொண்டால்,

சைகை மின்னழுத்தம் $= i_p R_2$

ஒளிமின் கலத்தின் குறுக்கேயுள்ள மின்னழுத்தம்

$$= E_2 - \frac{i_p (R_1 + R_2)}{(1 + g_m R_1)}$$

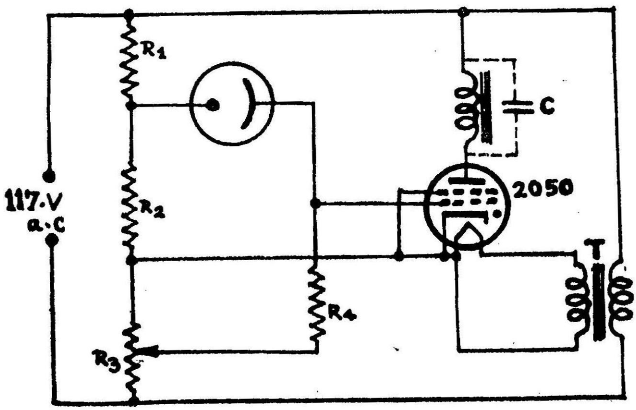
இத்தகைய மின்சுற்றுகளைக்கொண்டு ஒளிப்பாயத்திற்கு நேர்விகிதமான ஒளிமின்னோட்டத்தைப் பெறலாம்.

தைரட்ரான்

இதுவரை கூறப்பட்ட, வெற்றிடக் குழாய்களின் மின்சுற் றுகள் அனைத்துமே அஞ்சல் செயல்களுக்கு ஏற்றவைதாம். மின்

சுற்றுகளில் ஒளிமின் கலங்கள் இணைக்கப்பட்டால், ஒரு குறிப்பிட்ட அளவுக்குமேல் ஒளி அதன்மேல் படும்போது, வெளிப்படும் மின்னோட்டம் அஞ்சலை நிறுத்திவிடும். 1/60 செகண்டிற்குள் ஏற்படும் ஒளிமாறுதல்களுக்குச் செயல்பட வேண்டிய அஞ்சல்களுக்கு, வெற்றிடக் குழாய்களைவிட, மாறுதிசை மின்னோட்டத்தில் செயல்படும் வாயுக் குழாய்கள் சிறந்தவையாகவும், எளிதானவையாகவும் இருக்கின்றன.

ஒரு வெற்றிடக் குழாயின் உள்ளே, பல மில்லிமீட்டர் பாதரச அழுத்தத்தில் உள்ள செயலிலா (inert) வாயுவைச் செலுத்தினால், அதன் இயக்கவியல் பண்புகளில் நிறைய மாறுதல்கள் ஏற்படுகின்றன. ஒரு வாயு டயோடில், நேர்மின்வாயை நோக்கிச் செல்லும் எலெக்ட்ரான்கள் வாயுவை அயனிக்கச் செய்து, எலெக்ட்ரான்களுடன் அயனிகளும் சேர்ந்து ஒளிமின்னோட்டத்தைப் பன்மடங்காகப் பெருக்குகின்றன. இக் குழாய்களில், வாயுவின் அயனியாக்க மின்னழுத்தத்தை விட அதிகமான மின்னழுத்தம் கொடுக்கப்பட்டால், குழாய் சேதமடைந்து விடும். ஆனால், மூன்று மின்வாய்களையுடைய ஒரு வாயு டிரயோடில் மின்னழுத்த நிலைகள் காரணமாகக் குழாய் சேதமடைவதில்லை. இத்தகைய வாயு டிரயோடுகளில், வெப்பமூட்டிய எதிர்மின்வாய் பயன்படுத்தப்பட்டால் அது தைரட்ரான் (thyratron) எனப்படுகிறது.

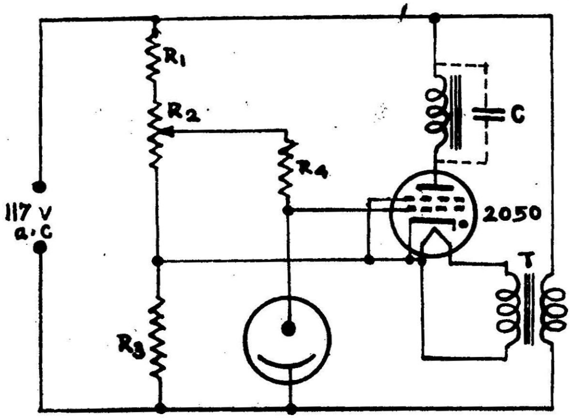


படம் 21. 6

தைரட்ரானைப் பயன்படுத்தும் அஞ்சல்; ஒளி அதிகமாகும்போது அஞ்சல் நிறுத்தப்படுகிறது.

மாறுதிசை மின்னோட்டத்தில் செயல்படும் அமைப்பில் தைரட்ரானைத் தொடர் அணியில் இணைத்தால், ஒவ்வோர்

அரைச் சுற்றின்போதும் அதிலிருந்து நிறைந்த மின்னோட்டம் வெளிப்படும். எனவே, ஒளியால் கட்டுப்படுத்தப்படும் அஞ்சல் மின்சுற்றுகளுக்குத் தைரட்ரான்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. படம் 21. 6 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்றில், ஒளிச்செறிவு ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லைக்கும் அதிகமாகும்போது, அஞ்சல் நிறுத்தப்



படம் 21. 7

ஒளி குறையும்போது அஞ்சலை நிறுத்தும் தைரட்ரான் மின்சுற்று.

படுகிறது. குழாயின் உணர்வுநுட்பத்தையும், மின்தடை R 4 - ன் அளவையும் பொறுத்து, ஒளிச்செறிவின் அதிக அளவு நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. படம் 21. 7 - ல் காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்றில், ஒளிச்செறிவு ஒரு குறிப்பட்ட அளவைவிடக் குறையும்போது அஞ்சல் நிறுத்தப்படுகிறது. இந்தக் குறைந்த அளவு, R 2 - ன் அளவைப் பொறுத்து அமைகிறது.

22. குறைந்த ஒளிமின்னோட்டங்களை அளத்தல்

ஒரு மெல்லிய ஒளிக்கற்றை ஓர் ஒளிமின் கலத்தின்மீது விழுவதாகக் கருதுவோம். இந்த ஒளிக் கற்றையைச் செவியுணர் அதிர்வெண் அலையொன்று குறுக்கிடுவதாகக் கொள்வோம். ஒளிக் குழாய் ஒரு பெருக்கியோடு இணைக்கப்பட்டு, பெருக்கியின் வெளியீடு ஒலிப்பானுக்குச் செல்லட்டும். ஒலிப்பானில் குறுக்கீட்டு அதிர்வெண்ணுக்கு ஒத்த ஓசையொன்று கேட்கும். ஒளிக் கற்றையின் செறிவைக் குறைத்தால் மேலும் மெல்லிய ஓசை கேட்கும். பெருக்கியின் ஈட்டத்தை (gain) அதிகப்படுத்துவதன் மூலம், ஓசையின் உரப்பை மீண்டும் பெறலாம். ஆனல், இது ஒரு குறிப்பிட்ட அளவு வரைதான் முடியும். இந்த அளவுக்கு மேல், ஓசை சிதைந்துபோய், 'உஸ்' என்ற ஒலி மட்டுமே கேட்கும். ஒளிச்செறிவை மேலும் எவ்வளவுதான் குறைத்தாலும், 'உஸ்' ஒலி கேட்கும். இந்த 'உஸ்' ஒலி அல்லது இரைச்சல்தான் ஒரு கருவியால் கண்டுணரக் கூடிய மிகக் குறைந்த ஒளிச் சைகையின் (signal) அளவை நிர்ணயிக்கிறது.

இரைச்சல்

இரைச்சல் (noise) உண்டாவதற்கு இரண்டு முதன்மையான மூலங்கள் உள்ளன. இதில் ஒன்று, எதிர்மின்வாயிலிருந்து எலெக்ட்ரான்கள் ஒழுங்கற்ற முறையில் வெளிவிடப்படும்போது எழும் இரைச்சல். இஃது உலோகக் குண்டுகளை ஒரு தட்டில் கொட்டும்போது எழுவதைப் போன்ற இரைச்சலாகும். எனவே, இதனைக் 'குண்டு இரைச்சல்' (shot noise) என்றும் கூறுவர். ஒரு குறிப்பிட்ட கால இடைவெளி T - யில் எதிர்மின்வாயிலிருந்து வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் சராசரி எண்ணிக்கை n_0 - வாக இருக்கட்டும். இந்தக் கால இடைவெளியின் ஏதாவது ஒரு பகுதியில் வெளிவிடப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்

ணிக்கை n, n_0-வை விடச் சற்றுக் கூடுதலாகவோ சற்றுக் குறைவாகவோ இருக்கும். புள்ளி விவரங்களின்படி, T அளவுள்ள பல கால இடைவெளிகளில், n-க்கும் n_0-வுக்கும் உள்ள வேறுபாட்டின் இருமடியின் சராசரி n_0-வுக்குச் சமமாக இருப்பதாகக் காணப்பட்டுள்ளது. அஃதாவது,

$$\overline{(n-n_0)^2} = n_0$$

இஃது ஒரு பரப்பின் மேல் விழும் ஒளியினால் வெளிவிடப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களுக்கும், வெப்ப அயனி விளைவுகளுக்கும் பொருந்தியுள்ளது. முதல் பரப்பிலிருந்து வெளிவிடப்படும் n_0 எலெக்ட்ரான்கள், இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பரப்பில் பட்டால் N இரண்டாம்நிலை எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுகின்றன. இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு ஈட்டம் G-யாகவும், ஒவ்வொரு முதன்மையான எலெக்ட்ரானின் ஈட்டத்தையும் பொறுத்து மாறுபடும் காரணி $G\ n_0$-வாகவும் இருந்தால்,

$$\overline{(N-Gn_0)^2} = G^2n_0+G\ n_0.$$

எலெக்ட்ரான்கள் ஒழுங்கற்ற தன்மையில் விட்டுவிட்டு வெளிவிடப்படுவதால், ஒளிக்குழாய்கள் வெப்ப அயனிக் குழாய்கள் ஆகியவற்றுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள வெளி மின்சுற்றில், மின்னேட்டமும் மாறுபடுகிறது. ஒவ்வொரு தனிப்பட்ட எலெக்ட்ரானின் வெளியீட்டிற்கும் ஒத்த ஒவ்வொரு மின் துடிப்பையும், வெவ்வேறு அதிர்வெண்களையும் கட்டங்களையும் (phase) கொண்ட சைன் வளைகோடுகளின் (sine curves) மின்சாரப் பகுதிகளையும் மேற்பொருந்தியதாகக் கொள்ளலாம். ஒரு நீண்ட கால இடைவெளியில் இந்த மின் துடிப்புகளை எல்லாம் கூட்டி, இருமடியாக்கிச் சராசரி கண்டுபிடிக்கப்பட்டால், இரு அதிர்வெண் பட்டைகளில் அடங்கிய இரைச்சல் மின்னேட்டத்தைக் கணக்கிடலாம்.

$$\overline{i_n^2} = 2\ ei_0\,(f_2-f_1) = 32\times 10^{-20}\ (f_2-f_1)$$

இஃது ஒளி எலெக்ட்ரான்களுள், வெப்ப அயனிகள் வெளிவிடுதலுக்குப் பொருந்தக்கூடிய சமன்பாடாகும். இதில் f_1, f_2 என்பன அதிர்வெண் பட்டைகளையும், i_0 என்பது வெளிவிடப்படும் மின்னேட்டத்தின் சராசரியையும் குறிக்கிறது. முதல்நிலை மின்சாரம் i_0-வினால் தாக்கப்பட்ட, ஈட்டம் G-யுள்ள பரப்பிலிருந்து வெளிவிடப்படும் இரண்டாம்நிலை வெளியீட்டிற்கு, இரைச்சல் மின்னேட்டம்,

$$\overline{i_n^2} = 2(G^2+G)\,ei_0\,(f_1-f_2) = 2\,(G+1)\ ei_1\,(f_2-f_1)$$

என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து கிடைக்கிறது. இங்கு e_1 என்பது இரண்டாம்நிலை மின்னேட்டம்,

வெப்ப இரைச்சல்

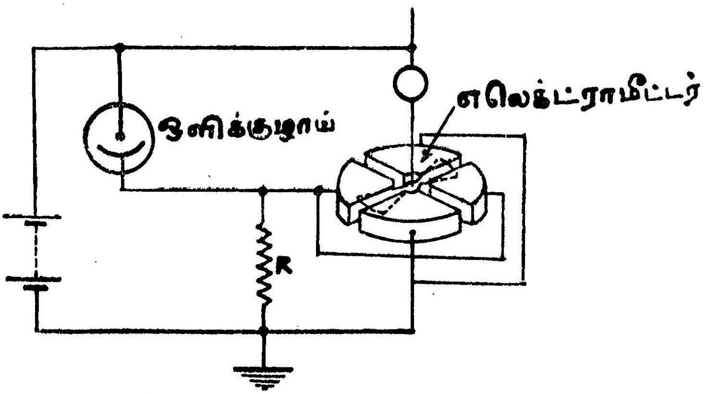
இரைச்சலுக்கான இரண்டாவது மூலம், மின் தடைகளில் உள்ள மின்னூட்டங்களின் மாறுபடும் வெப்ப இயக்கங்களால் ஏற்படுகிறது. இது வெப்ப இரைச்சல் (thermal noise) எனப் படுகிறது. தடைகளின் முனைகளுக்கிடையே ஏற்படும் மின்னழுத்த மாறுபாடுகளின் அளவை,

$$\overline{V_n^2} = 4k\,TR\,(f_2 - f_1) = 1{\cdot}6 \times 10^{-20}\,R\,(f_2 - f_1)$$

என்ற சமன்பாட்டிலிருந்து கிடைக்கிறது. இதில் k என்பது போல்ட்ஸ்மென் மாறிலியையும், T தனி வெப்பநிலையையும் (absolute temperature), R தடையின் அளவையும், f_1, f_2 என்பன அதிர்வெண் பட்டையின் மேல், கீழ் வரம்புகளையும் குறிக்கின்றன. $1{\cdot}6 \times 10^{-20}$ என்ற எண் குணகம், அறை வெப்பநிலையில் ($T = 293°K$) கணக்கிடப்பட்ட அளவாகும்.

எலெக்ட்ராமீட்டர்

எலெக்ட்ராமீட்டரைக் கொண்டு மிகக் குறைந்த மின்னோட்டங்களையும், குறைந்த மின்னழுத்தங்களையும் நேரடியாக அளக்கலாம். படம் 22. 1 - ல் இத்தகைய அமைப்புக் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் நகரும் பொருள் ஒன்று தொங்கவிடப்பட்டு ஒரே மின்



படம் 22. 1
எலெக்ட்ராமீட்டரால் ஒளிமின்னோட்டத்தை அளத்தல்.

னழுத்தத்தில் மாறாதிருக்கும்படி செய்யப்படுகிறது. இந்தப் பொருள் இரண்டு கால்வட்டங்களுக்கிடையே (quadrants) உள்ள நிலைமின்புலத்தில் இருக்கிறது. இந்தக் கால்வட்டங்கள், மின்னழுத்தம் அளக்கப்பட வேண்டிய பொருளோடு இணைக்கப்

படுகின்றன. மற்ற இரு கால்வட்டங்களும் நிலத்தோடு இணைக்கப்படுகின்றன. இந்த இரண்டு இரட்டைக் கால்வட்டங்களுக்கும் இடையேயுள்ள மின்னழுத்த வேறுபாடு, நகரும் பொருளின் விலகலால் காட்டப்படுகிறது.

ஒளி மின்னோட்டங்களை எலெக்ட்ராமீட்டரின் துணைகொண்டு இருவழிகளில் அளக்கலாம். ஒளி மின்னோட்டத்தை R என்ற தடையின் மூலம் நிலத்திற்குப் பாயச் செய்தால், தடையின் குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வீழ்ச்சியை அளக்கலாம். அல்லது தடையை நீக்கிவிட்டு, ஒளிமின்னோட்டம், எலெக்ட்ராமீட்டரை மின்னூட்டும் வீதம் அளக்கப்படுகிறது. இரண்டுக்குமே, எலெக்ட்ராமீட்டரின் மின்வாயும், ஒளிக் குழாயின் நேர்மின்வாயும் நல்ல முறையில் காப்பிடப்பட (insulation) வேண்டும். அப்போதுதான் குறைந்த ஒளி மட்டங்களைக் கணக்கிடலாம். நல்ல உணர்திறன் பெறுவதற்கு, எலெக்ட்ராமீட்டரின் தன்மைகளும் செய்முறையும் நல்ல முறையில் இருக்கவேண்டும். எலெக்ட்ராமீட்டரில் சில இடர்ப்பாடுகள் உள்ளன. எனவே, இதற்குப் பதிலாக ஒரு வெற்றிடக் குழாயைப் (vacuum tube) பயன்படுத்தலாம்.

நியதிப்படி, எதிர்மின் கிரிட்டுடன் கூடிய பெருக்கிக் குழாய் (amplifier tube) எலெக்ட்ராமீட்டரைப் போலவே செயல்படவேண்டும். கிரிட்டின் நிலை மின்னழுத்தம் நேர்மின்னோட்டத்தைக் கட்டுப்படுத்தும். ஆனால், நடைமுறையில் இவ்வாறு இருப்பதில்லை. இதற்கான ஆறு காரணங்களை மெட்காஃபும், தாம்சனும் (Metcalf and Thompson) கூறியுள்ளனர். அவையாவன:

1. குழாயிலுள்ள வாயுவினால் உண்டாக்கப்படும் அயனிகள்.
2. கண்ணாடி அல்லது காப்பானில் ஏற்படும் கசிவு.
3. எதிர் மின்வாயின் வெப்பமூட்டும் தன்மையினால் வெளிவிடப்படும் வெப்ப அயனி கிரிட்.
4. எதிர் மின்வாயினால் வெளிவிடப்படும் அயனிகள்.
5. கட்டுப்படுத்தும் கிரிட்டினால் வெளிவிடப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள்,
6. நேர் மின்னோட்டத்தின் காரணமாக வெளிவிடப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள்.

மேற்சொன்ன குறைகள் இல்லாமல், FP 54 என்ற புதிய எலெக்ட்ராமீட்டர் குழாய் செய்யப்பட்டுள்ளது. இதில் நேர்மின்னழுத்தத்தை 6 வோல்ட் அளவுக்குக் குறைப்பதன் மூலம் அயனி

யாக்கம் தடுக்கப்படுகிறது. எதிர்மின்வாயை மிகக் குறைந்த வெப்பநிலையில் வைப்பதன் மூலம் வெப்ப கிரிட் மற்றும் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் வெளிவிடப்படுவது தடுக்கப்படுகிறது. இத் தகைய குழாயில் இழை மின்னழுத்தம் 2·5 வோல்ட்டாகவும், நேர் மின்னழுத்தம் 6 வோல்ட்டாகவும், கட்டுப்படுத்தும் கிரிட்டின் நிலை மின்னழுத்தம் -4 வோல்ட்டாகவும், இழை மின்னோட்டம் 100 மில்லி ஆம்ப்பியராகவும், நேர் மின்னோட்டம் 40 மைக்ரோ ஆம்ப்பிய ராகவும், பெருக்கி எண் 1 ஆகவும், நேர் மின் தடை 40,000 ஓம் களாகவும் இருக்கின்றன. இதனால் 10^{-15} ஆம்ப்பியருக்கும் குறை வான கிரிட் மின்னோட்டத்தைப் பெறலாம். 10^{-17} அளவிலான மிகக் குறைந்த மின்னோட்டங்களையும் அளக்கலாம்.

இரைச்சலைக் குறைத்தல்

உள்ளிடு தடையின் ஒளிமின்னோட்டத்தால் உண்டாக்கப்படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி பெருக்கியிலுள்ள உள்ளிடு குழாயின் கிரிட் டிற்குச் செலுத்தப்பட்டால், வெப்பத் தடை இரைச்சலும் சேர்ந்து வெளிப்படும். ஒளி மின்னோட்டத்தால் தடையில் ஏற்படுத்தப் படும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி 0·05 வோல்ட்டுக்கும் குறைவாக இருந்தால் முதலிலுள்ள இரைச்சலைவிட வெப்பத் தடை இரைச்சல் (thermal resistance noice) அதிகமாக இருக்கும். இதனைக் கட்டுப்படுத்த வேண்டிய அல்லது குறைக்க வேண்டிய தேவை ஏற்படுகிறது.

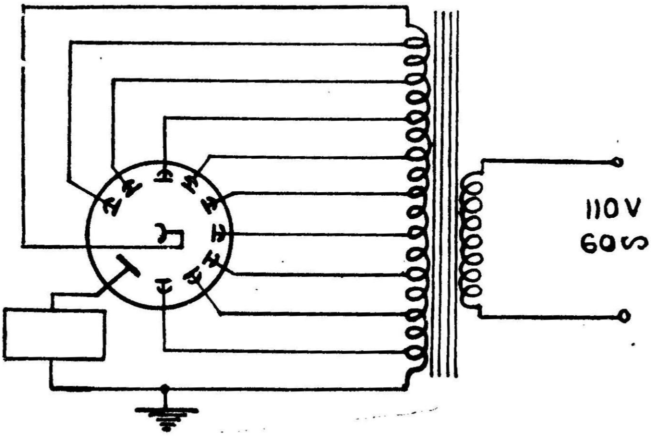
உள்ளிடு தடையை ஓர் எல்லைக்குமேல் அதிகரிக்க முடி யாது. எனவே, ஒளி மின்னோட்டத்தைத்தான் பெருக்கவேண்டும். வெப்பத்தடை இரைச்சல் ஏற்படாத அளவுக்கு ஒளி மின் னோட்டம் ஒரு முன் பெருக்கியால் (pre amplifier) பெருக்கப்படு கிறது. இம் முறை ஒளிமின் பெருக்கிகளில் பயன்படுத்தப்படு கிறது. இதற்கு ‘இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கம்’ (secondary emission amplification) என்பது பெயர்.

ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய்கள்

ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய்கள் 1000 வோல்ட்டுகள் அல்லது அதற்கும் அதிகமான மின்னழுத்தங்களில் செயல்பட வேண்டி யிருப்பதால், இவற்றிற்கான மின்சுற்றுகள் சாதாரண ஒளிக் குழாய்களுக்கான மின்சுற்றுகளிலிருந்து மாறுபடுகிறது. இவற் றில் சிலவற்றை இங்குப் பார்க்கலாம்.

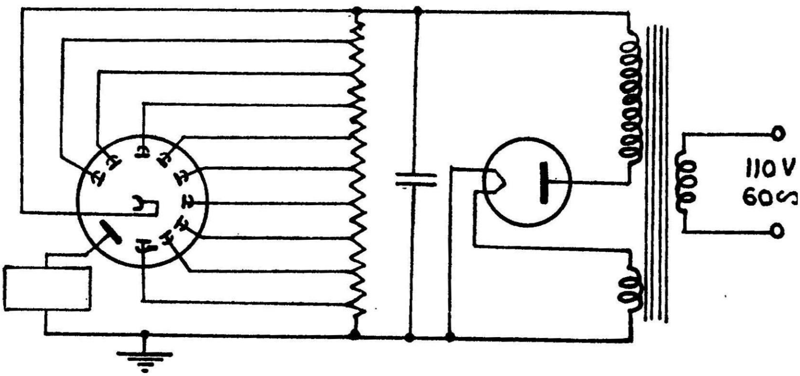
மாறுதிசை மின்னோட்டத்தில் இணைக்கப்பட்ட அதி மின் னழுத்த மின்மாற்றியினால் நேரடியாகச் செயல்படுத்தப்படும்

ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாயைப் படம் 22. 2 காட்டுகிறது. ஒளியூட்டப்படும்போது அரைச் சுற்றுகளின் (cycles) உச்சத்தில்



படம் 22. 2
மாறுதிசை மின்னோட்டத்தால் செயல்படும் ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய்.

தான் குழாயிலிருந்து அதிக மின்னோட்டம் வெளிப்படுகிறது. ஏனெனில், மின்னழுத்தம் அதிகமாகும் போதுதான், ஒளிமின் பெருக்கியின் ஈட்டமும் அதிகமாகிறது. இது அஞ்சல் (relay) செயல்முறைகளுக்கு உகந்தது.

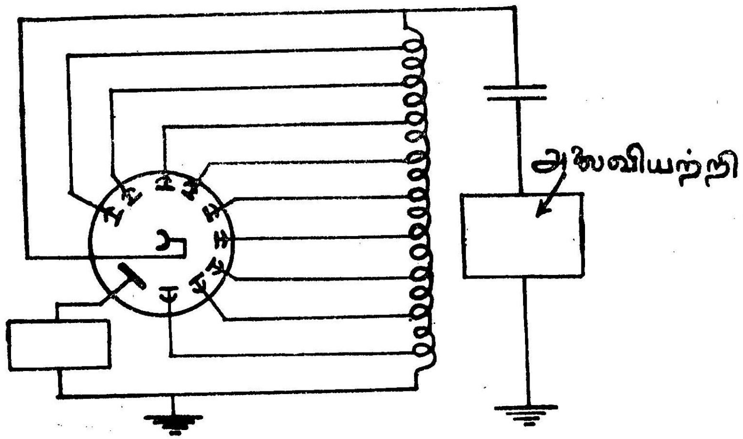


படம் 22. 3
நேர்மின்னோட்டத்தால் செயல்படும் ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய்.

ஒளிமின் பெருக்கி நேர்மின்னோட்டத்தால் செயல்படுவதைப் படம் 22. 3 காட்டுகிறது. அதி மின்னழுத்த மின்மாற்றியின்

வெளியீட்டைச் சரிப்படுத்தி, மிகுந்துள்ள மின்துடிப்புகளையும் இணைத்தட மின்தேக்கியால் (shunt capacitance) கட்டுப்படுத்தி நேர்மின்னோட்டம் பெறப்படுகிறது. ஒவ்வொரு நேர்மின்வாயும் பெறும் மின்னழுத்தத்தை வழங்கக்கூடிய தடை, ஒவ்வொரு நேர் மின்வாயும் பெறும் மின்னோட்டத்தைப் போல் பத்துமடங்கு அதிக மின்னோட்டம் பெறத்தக்க வகையில் உண்டாக்கப்பட வேண்டும். இல்லையெனில் ஒளி மாறுதல்களால், குழாயின் ஈட்டம் பாதிக்கப் படும். நல்ல வடிப்பான்களுடன் இத்தகைய மின்சுற்றுகளை, மிகக் குறைந்த ஒளிப் பாயங்களை அளக்கப் பயன்படுத்தலாம்.

இன்னொரு வகையான மின்சுற்று, படம் 22. 4 - ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. ஓர் அலைவியற்றியுடன் (oscillator) இணைக்கப்பட்ட ஒத்ததிர்வு மின்சுற்றிலுள்ள கம்பிச் சுருளின் குறுக்கே ரேடியோ அதிர்வெண் மின்னழுத்தம் உருவாக்கப்படுகிறது. ஒளிமின்



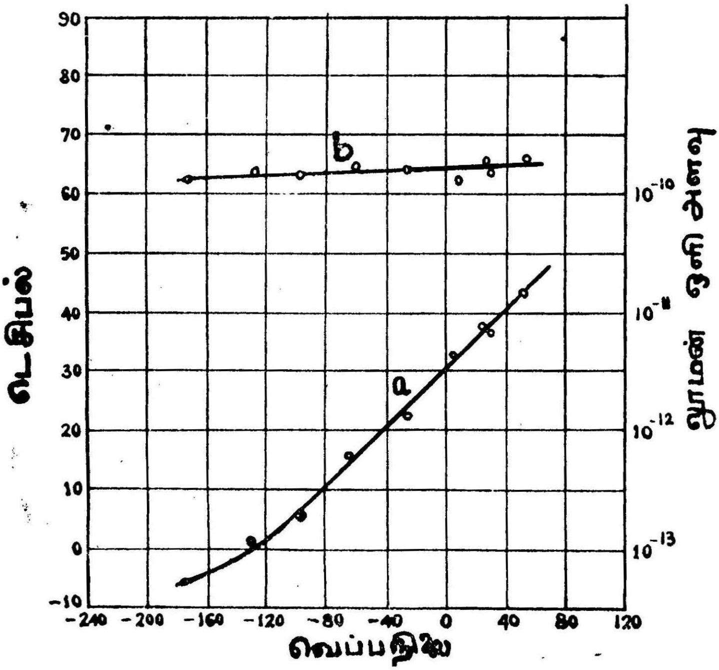
படம் 22. 4
அலைவியற்றியுடன் இணைக்கப்பட்ட ஒளிமின் பெருக்கி.

பெருக்கியின் நேர்மின்வாய்கள் சுருளோடு நேரடியாக இணைக்கப் படுகின்றன. முதலில் சொல்லப்பட்ட மின்சுற்றிலுள்ளது போல, ஒவ்வொரு சைக்கிளின் உச்சத்திலும்தான் ஒளிமின்பெருக்கியி லிருந்து மின்னோட்டம் வெளிப்படுகிறது. ரேடியோ அதிர் வெண்ணைவிட நீளமான காலப்பகுதியில் ஏற்படும் ஒளிமாறுதல் களை இந்த மின்சுற்றின் மூலம் எளிதில் அளக்கலாம். நேர்மின் னோட்டம் மாறுதிசை மின்னோட்டம் ஆகிய இரண்டுக்குமே இதன் உணர்திறன் ஏறத்தாழ ஒன்றாகவே இருக்கிறது. எனினும்,

சைகைக்கும் இரைச்சலுக்கும் உள்ள விகிதம் (signal to noise ratio) மாறுதிசை மின்னோட்டத்தின்போது சற்றுக் குறைவாகவே உள்ளது.

மிகக் குறைந்த ஒளிமட்டங்களை அளத்தல்

மிகக் குறைந்த ஒளிமட்டங்களை (light levels) அளக்க எங்க்ஸ்ட்ராம் (Engstrom) ஒளிமின் பெருக்கிகளைப் பயன்படுத்தினர். 1P21 ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாயின்மீது விழும் ஒளியை, வினாடிக்கு 90 சைக்கிள்களையுடைய அதிர்வெண் அலையொன்று குறுக்கிடுவதால் கிடைத்த முடிவுகள் படம் 22.5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



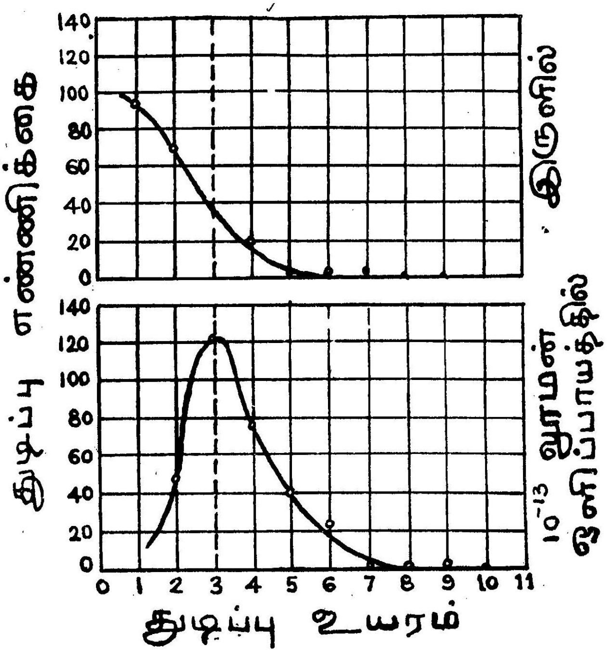
படம் 22.5

ஒளி மின்பெருக்கியின் (a) இரைச்சல் வெளியீடும் (b) சைகை வெளியீடும்.

ஒளிக்குழாயின் வெளியீடு ஒரு பெருக்கியினால் பெருக்கப்பட்டு அளக்கப்பட்டது. ஒளிக்குழாயின் வெப்பநிலை குறையும்போது இரைச்சல் வெளியீடும் குறைகிறது; வெப்ப அயனி வெளியீடு குறைவதால் இரைச்சல் வெளியீடும் குறைகிறது. ஆனால், வெப்ப

நிலையால் சைகை வெளியீடு இதனால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. திரவக்காற்றின் வெப்பநிலையான —180°C - ல், $1{\cdot}5 \times 10^{-10}$ லூமன் அளவுள்ள ஒளிப்பாயத்திற்கு, சைகைக்கும் இரைச்சலுக்கும் உள்ள விகிதம் ஏறத்தாழ 68 டெசிபெல்லாக இருக்கிறது. எனவே, இம் முறையில் 6×10^{-4} லூமன் அளவுள்ள குறைந்த அளவுள்ள ஒளிப்பாயங்களைக்கூட எளிதில் அளக்கலாம் எனத் தெரிகிறது.

இன்னும் நல்ல உணர்திறனைப் பெற, ஒளி எதிர்மின்வாயிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள், வெப்ப அயனி எலெக்ட்ரான்கள் ஆகியவற்றின் காரணமாக நேர்மின்வாயில் ஏற்படும் மின் துடிப்புகளை அளப்பதன் மூலம் பெறலாம். இதற்கு ஒளிமின் பெருக்கி, எதிர்மின் கதிர் ஆசிலகிராஃபுடன் (cathode



படம் 22. 6

ஒளிமின் பெருக்கியை (*a*) இருளில் வைத்தும் (*b*) 10^{-13} லூமன் ஒளிப்பாயத்தில் வைத்தும் பெறப்பட்ட மின் துடிப்புகளைக் காட்டும் வரைபடம்.

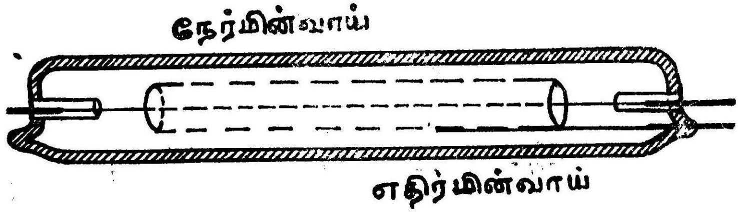
ray oscillograph) இணைக்கப்படுகிறது. எதிர்மின்வாயை இருளிலும், அளக்கவேண்டிய ஒளி படும்படியாகவும், மாற்றி

மாற்றி வைத்து, ஆசிலகிராஃபின் திரையில் தோன்றும் மின் உச்சநிலைகள் எண்ணப்படுகின்றன. இரண்டு நிலைகளிலும் எண்ணப்பட்ட எண்ணிக்கைகளின் வேறுபாடு, அந்தக் குறிப்பிட்ட நேரத்தில் வெளியிடப்பட்ட ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கைக்குச் சமமாகும்.

ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாயை இருளில் வைத்தும், 10^{-13} லூமன் ஒளிப்பாயத்தில் வைத்தும் பெறப்பட்ட துடிப்புகளின் உயரத்திற்கும் எண்ணிக்கைக்கும் உள்ள வரைபடம், படம் 22. 6-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இம் முறையில் 2×10^{-16} லூமன் அளவுள்ள மிகக் குறைந்த ஒளிப் பாயங்களை அளக்கலாம். இந்த அளவு, ஒளி எதிர்மின்வாயின்மேல் ஒரு செகண்டுக்கு ஒரு குவான்டம் ஆற்றல் படுவதற்குச் சமமாகும்.

வாயு உமிழ் எண்ணிகள்

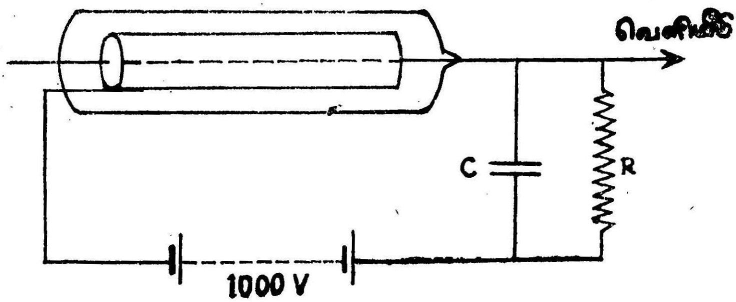
தனித்தனி எலெக்ட்ரான்களை எண்ணி அதன் மூலம் மிகக் குறைந்த ஒளி மட்டங்களை அளக்கும் மற்றொரு கருவி வாயு உமிழ் எண்ணி (Gas discharge counter) எனப்படுகிறது. நடைமுறையில் இது கைகர் - முல்லர் எண்ணி எனப்படுகிறது. கைகர் - முல்லர்



படம் 22. 7
புறஊதாக் கதிர்களை அளக்கும் கைகர் - முல்லர் எண்ணி.

எண்ணியின் பொதுவான அமைப்புப் படம் 22. 7 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் உருளை வடிவில் எதிர்மின்வாயும், அதன் அச்சில் ஒரு மெல்லிய கம்பி நேர்மின்வாயும் உள்ளன. இவை அனைத்தும் கண்ணாடியால் மூடப்பட்டுள்ளன. இதனுள் வாயு ஒரு குறிப்பிட்ட அழுத்தத்தில் அடைக்கப்படுகிறது. வாயுவிலுள்ள எலெக்ட்ரான்களின் சராசரி மோதலிடைத் தொலைவு எதிர்மின்வாய்க்கும் நேர்மின்வாய்க்கும் இடையிலுள்ள தொலைவைவிடக் குறைவாக இருக்கும் வண்ணம் வாயுவின் அழுத்தம் இருக்கிறது. எனவே இது, தோற்றத்தில் வாயு அடைக்கப்பட்ட ஒளிக்குழாயைப் போலவே இருக்கிறது. ஆனால், செயல்படும் முறையில் இரண்டுக்கும் நிறைய வேற்றுமைகள் உள்ளன.

வாயு அடைக்கப்பட்ட ஒளிக்குழாயில் ஒவ்வோர் ஒளி எலெக்ட்ரானும், அயனியாக்கம் செய்து ஒளிமின்னோட்டத்தைப் பெருக்குகிறது; ஆனால், மின்னோட்டம் வெளியிடப்படும் ஒளி எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக்கையைப் பொறுத்தே இருக்கிறது. மாறாக, வாயு உமிழ் எண்ணியில், மின்வாய்களுக்கிடையே அதிக அழுத்தம் செலுத்தப்படுவதால் வாயு உமிழப்படுகிறது. அதன் வீச்சும், நேரமும் வெளி மின் சுற்றைப் பொறுத்திருக்கிறது. இதிலுள்ள எலெக்ட்ரான்கள் அயனியாக்கம் செய்யக்கூடிய அளவுக்குப் போதிய ஆற்றலைப் பெறுவதில்லை. வாயு உமிழ் எண்ணிக்கான எதிர் மின்சுற்று, படம் 22. 8 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.



படம் 22. 8

வாயு உமிழ் எண்ணிக்கான எதிர்மின் சுற்று.

மிகமிகக் குறைந்த ஒளிப்பாயங்களை அளக்க வாயு உமிழ் எண்ணிகளைவிட ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய்கள்தாம் சிறந்தவை. இதில் அவ்வளவு விரைவாக எலெக்ட்ரான்களை எண்ண முடியாது. நெருப்பு மற்றும் புகையைக் கண்டுணர்ந்து எச்சரிக்கை செய்யும் கருவிகளில் வாயு உமிழ் எண்ணிகளே பயன்படுத்தப்படுகின்றன. கதிரவன் வெளிச்சமும், சாதாரண விளக்குகளும் 2700 A.U. - க்கும் மேற்பட்ட புற ஊதாக் கதிர்களை வெளியிடுவதில்லை. ஆனால், நெருப்பும் பொறிகளும் இத்தகைய புற ஊதாக் கதிர்களை வெளியிடுகின்றன. எரியும் நெருப்புக்குச்சி 2550 A.U. லிருந்து 2650 A.U. வரை அளவுள்ள கதிர்களை வெளியிடுகிறது. இது சதுர மீட்டருக்கு 10^{-5} வாட் அளவாகும். நெருப்புக் குச்சியிலிருந்து 30 அடித் தொலைவில்கூடப் புற ஊதாக் கதிர்கள் கருவியில் படுவதால், வாயு உமிழ் எண்ணிகளைக் கொண்டு அவற்றை எளிதில் கண்டுணரலாம்.

கடத்தி - ஒளிமின்கலங்களில் இரைச்சல்

கடத்தி - ஒளிமின் கலங்களில் இரண்டு வகையான இரைச்சல்கள் காணப்படுகின்றன. ஒன்று வெப்பத் தடை இரைச்சல்; மற்றது, மின்னழுத்தத்தால் ஏற்படும் இரைச்சல். மொத்த இரைச்சல் மின்னழுத்தத்தை,

$$\overline{V_n^2} = k_1 \frac{w}{l} + k_2 \frac{E^2}{l\omega}$$

என்ற சமன்பாட்டால் கணக்கிடலாம். இதில் k_1, k_2 என்பவை வெப்ப உணர்திறன் மாறிலிகள்; ω என்பது குறைகடத்தியின் (semi conductor) அகலம் அல்லது மின்வாய்களுக்கிடைப்பட்ட தொலைவு; l என்பது அதன் நீளம்; E என்பது செலுத்தப்பட்ட மின்னழுத்தம். இந்தச் சமன்பாட்டின் இரண்டாவது பகுதி மின்னழுத்தத்தைப் பொறுத்து அமைகிறது. எனவே, தாலஸ் சல்ஃபைடு கடத்தி - ஒளிமின்கலம், லெட் சல்ஃபைடு ஒளிமின்கலம் போன்ற அதிக மின்னழுத்தங்களில் செயல்படும் மின்கலங்களில் இரண்டாவது பகுதி மிகச் சிறப்பு வாய்ந்ததாகும்.

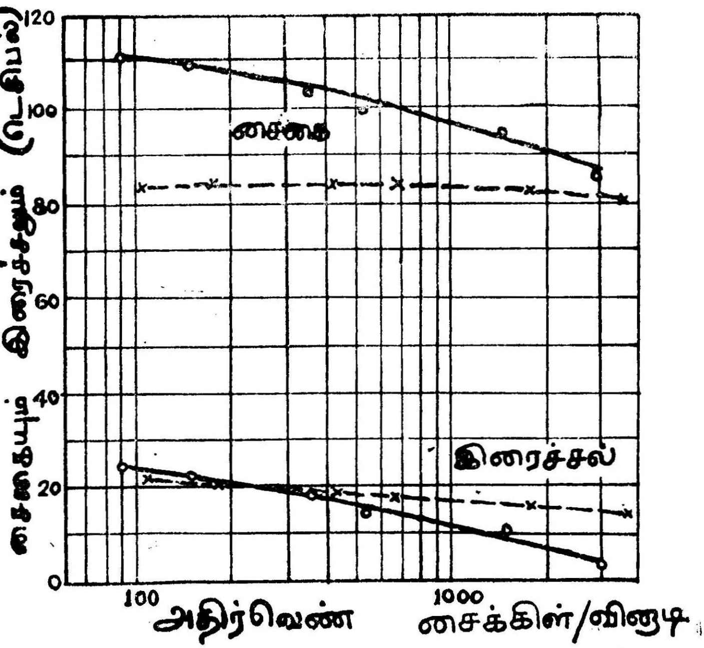
கடத்தி - ஒளி மின்கலத்தில் படும் ஒளி, குறைகடத்திப் பரப்பின் கடத்தும் திறனில் மாறுதலை ஏற்படுத்தவேண்டும். வெளிப்படும் சைகை மின்னழுத்தம்,

$$V_s = k_3 \frac{L_s E}{l\omega}$$

என்ற சமன்பாட்டால் பெறப்படுகிறது. இதில் L_s என்பது மின்கலத்தின்மீது விழும் ஒளிப்பாயத்தைக் குறிக்கிறது. இந்த இரண்டு சமன்பாடுகளிலிருந்தும் சைகைக்கும் இரைச்சலுக்கும் உள்ள விகிதம், மாருத ஒளிப்பாயத்தின்போது மின்கலப் பரப்பின் இருமடிக்குத் தலைகீழ் விகிதமாகவும், மாருத ஒளியூட்டத்தின்போது மின்கலப் பரப்பின் இருமடிக்கு நேர்விகிதமாகவும் இருக்கிறது எனத் தெரிகிறது. இதிலிருந்து நல்ல உணர்திறனைப் பெறுவதற்கு, ஒளிப்பாயத்தை இயன்ற அளவு குறைந்த குறுக்கு வெட்டுப் பரப்புக்குக் குறைக்க வேண்டுமெனத் தெரிகிறது. மின்கலத்தின் அமைப்பையும் இதற்குத் தகுந்தவாறு மாற்றவேண்டும்.

மின் சைகையைப் போலவே மின்னழுத்தத்தால் ஏற்படும் இரைச்சலும் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்தே அமைகிறது. இது படம் 22. 9 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட ஒளி மின்கலம் அறை வெப்பநிலையில் இருந்தபோதும், ஈரமில்லாத

பனிக்கட்டிகளால் — 80°C - க்குக் குளிர்விக்கப்பட்டபோதும் எடுக்கப்பட்ட அளவுகள் படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ளன. வெப்ப நிலையால் இரைச்சலைவிடச் சைகைதான் அதிகமாகப் பாதிக்கப் படுகிறது எனத் தெரிகிறது.



படம் 22, 9

வேறுபட்ட வெப்பநிலைகளில் சைகை, இரைச்சல் ஆகியவற்றுக்கு அதிர்வெண்ணுடன் உள்ள தொடர்பு. —x— கோடு அறைவெப்ப நிலையையும், —o— கோடு —80°C வெப்பநிலையையும் குறிக்கின்றன.

கடத்தி - ஒளிமின் கலங்களையும், ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய்களையும் ஒப்பிட இயலாது. எனினும், மிகக் குறைந்த அளவு வீசுகதிர்களைக் கண்டுணர ஒளிமின் பெருக்கிகளே சிறந்தவை எனத் தெரிகிறது. ஆனால், அகச்சிவப்புக் கதிர்களை ஒளிமின் பெருக்கிகளால் கண்டுணர முடியாது. அத் துறையில் கடத்தி - ஒளிமின்கலங்களே சிறப்பாகப் பயன்படுகின்றன.

23. அளவீட்டுக் கருவிகள்

ஒளிமின் கலங்களின் மிகச்சிறந்த பயன், கதிர்வீச்சுப் பாயும் அளவை அளப்பதேயாகும். இத்தகைய பயன்களில் ஒளிமின் கலங்கள் மனிதனது காணும் ஆற்றலுக்கு ஒரு மாற்றாக அமைகிறது. சில வகைகளில் காணும் ஆற்றலையும் மிஞ்சக்கூடிய திறன் படைத்தனவாக இருக்கின்றன. கண்ணால் காண முடியாத அகச்சிவப்பு, புற ஊதாக் கதிர்வீசலை அளப்பதற்கு இவற்றைப் பயன்படுத்தலாம். இரண்டாவதாக, இவற்றைப் பயன்படுத்தி அளக்கப்படும் ஒளியை, படித்தர ஒளித் தோற்றுவாயோடு (standard light source) ஒப்பு நோக்க வேண்டிய தேவை ஏற்படுவதில்லை. (ஆனால் ஒப்பு நோக்குவதன் மூலம் முடிவுகள் இன்னும் துல்லியமாக இருக்கும்.)

ஒளி அளவியலில் ஒளிக் குழாய்கள்

நீண்ட காலப் புழக்கத்தில் ஒளி உணர் கருவிகளின் செயல் திறம் மாறாதிருக்க வேண்டும். இவ் விதியினைப் பல ஒளி உணர் கருவிகள் ஓரளவிற்கே நிறைவேற்றுகின்றன. மிகத் துல்லியமான அளவைகளுக்குப் புலனுணர்வு ஒளி அளவியலில் பயன்படுத்துவது போன்ற ஒப்புநோக்கு முறை தேவைப்படுகிறது. இத்தகைய ஒளி அளவியலில் ஒளிமின் முறைகள் நன்கு பயன்படுகின்றன.

தொடர்ச்சியான ஒப்புநோக்கு முறை மிகமிகத் துல்லிய அளவைகளுக்குமட்டுமே தேவை. ஒழுங்கான கால இடைவெளிகளில் திருத்த அளவீடு (calibration) முறைகளையும், தேவையான முன்னெச்சரிக்கைகளையும் மேற்கொண்டால் வெற்றிட ஒளிக்குழாய்கள் நம்பிக்கையான முடிவுகளைத் தரும். வெளியிடும் மின்சாரமும் செயல்படும் மின் அழுத்தமும் உச்சநிலைக்குக் குறைவாகவும், ஒழுங்குபடுத்தப்பட்ட மின் அழுத்த வழங்கீடும், ஓரளவுக்கு நிலையான சூழ் வெப்பநிலையும் இருக்கும்வரை, குறைந்த காலச் சோர்வின்றி நேரான செயல் திறனை வெற்றிட

ஒளிக் குழாய்களிலிருந்து பெறலாம். வாயு அடைக்கப்பட்ட ஒளிக்குழாய்கள் அளக்கும் செயல்களுக்கு உகந்தன அல்ல.

மிகத் துல்லியமான அளவைகளுக்கு, வெற்றிட ஒளிக் குழாய்களைவிடத் தடை அடுக்கு மின்கலங்கள் (barrier layer cells) குறைந்த செயல் திறமுடையவையாகக் கருதப்படுகின்றன. இதற்கு இரண்டு காரணங்கள் உள்ளன. முதலாவதாக, தடையடுக்கு மின்கலமானது எல்லா ஒளி மட்டங்களிலும் ஓரளவு சோர்வுத் தன்மையைக் காட்டுகிறது. கொடுக்கப்பட்ட ஒளி விளக்கத்திற்கு மின்சாரச் சமநிலையை எய்த ஏறக்குறைய மூன்று நிமிடக் காலதாமதம் ஏற்படுகிறது. இரண்டாவதாக, குறைந்த ஒளி மட்டங்களில்கூட இவற்றின் செயல்திறன் சீரற்ற தன்மையுடையதாய் உள்ளது. மேலும், மின்கலத்தின் பருத்த தன்மையிலும், குறைந்த மின்னழுத்த உணர்விலும் மிகச் சிறிய ஒளிப் பாயங்களை (flux) அளத்தல் கடினமாக உள்ளது. முடிவாக, சில தனிப்பட்ட பயன்முறைகளில், தேவையான நிறமாலைகளைப் பொறுக்கும் தன்மை இல்லாததால், தடையடுக்கு மின்கலங்கள் அவற்றிற்கு ஒவ்வாதனவாக இருக்கின்றன.

வெற்றிட ஒளிக்குழாய்களைக் கொண்ட மின்சுற்றுகளைப் பயன்படுத்தி, மின்கலத்திற்கு அளிக்கப்படும் மின்னழுத்தத்தை நிலையாக வைத்துக் கொள்வதன் மூலம், குறைந்த ஒளிமட்டங்களில் சீரான செயல்திறனைப் பெறலாம்.

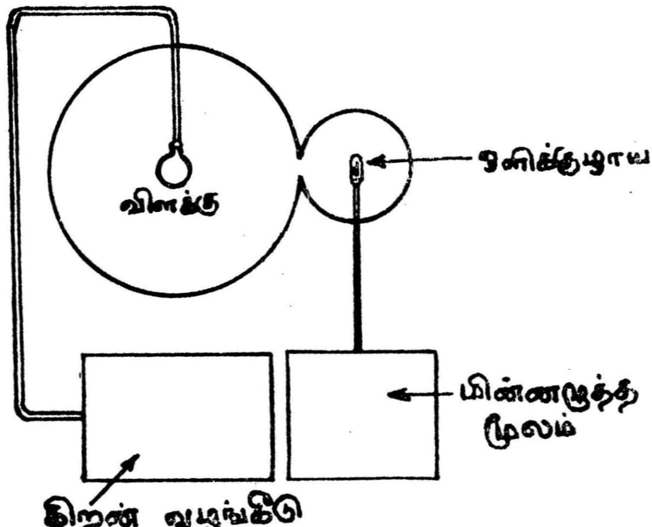
மேற் சொன்ன குறைபாடுகளுக்கு மாறாகத் தடையடுக்கு மின்கலங்கள் சில குறிப்பிட்ட மேல் நலங்களையும் பெற்றுள்ளன. மிகையான மின்னழுத்த வழங்கீட்டைத் தாங்கிக் கொள்ளும் தன்மை, மிக நுண்ணிய மின்சார உணர்வு, உறுதித்தன்மை முதலியவற்றைத் தடையடுக்கு மின்கலங்கள் பெற்றுள்ளன. மேலும், சிலினியம் தடையடுக்கு மின்கலம் நீண்ட செயல்படும் அளவெல்லைக்கும், நீண்டகால மாறாத் தன்மைக்கும் குறிப்பிடும்படியாக உள்ளது. இவற்றின் ஒளிநிற அறிதிறன் கண்ணின் திறமைக்கு ஒப்பக் கூறத்தக்கதாகவும், சாதாரண ஒளிக்குழாய்களை விடச் சிறந்ததாகவும் இருக்கிறது. குறைந்த உட்கவர் தன்மையுடைய வடிகட்டிகளைப் பயன்படுத்தி இவற்றின் ஒளிநிற அறிதிறனை அதிகரிக்கலாம்.

இதுகாறும் கூறியவற்றை மனத்தில் கொண்டு ஒளிக் குழாய்களையும் தடை அடுக்கு மின்கலங்களையும் பயன்படுத்தக் கூடிய துறைகளைத் தேர்ந்தெடுக்கலாம். மிகத் துல்லிய அளவைகளுக்கும் குறைந்த ஒளிப் பாய அளவைகளுக்கும் ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்படுத்தலாம். எடுத்துக்காட்டாகத் துல்லியமான ஒளி

அளவியலிலும், நிறமாலை ஒளி அளவியலிலும் பயன்படுத்தலாம். அளக்கும் எல்லை, புற ஊதாப் பகுதிவரை நீண்டால், ஒளிக் குழாய்களின் தேவை இன்றியமையாததாகிறது. தடை அடுக்கு மின்கலங்கள் ஒளி விளக்க அளவீடுகளிலும், நிழல்படத் திறப்பு (exposure) அளவைகளிலும் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இத் துறைகளில் அளக்க வேண்டிய ஒளிப்பாய அடர்வு அதிகமாக இருப்பதாலும், மிகுந்த துல்லியம் தேவையில்லாததாலும் தடையடுக்கு மின்கலங்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

ஒளிமூலம் ஒளிவிளக்கம் ஆகியவற்றை அளத்தல்

ஒளி மூலத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியை அளக்கும் துறையை ஒளி அளவியல் என்கிறோம். ஒளி அளவியலின் முதன்மையான நோக்கம், ஒளி மூலத்திலிருந்து வெளிப்படும் மொத்த ஒளியையும், ஒளிப் பாயத்தின் கோணப் பரப்பீட்டையும், நிற வெப்பநிலையையும் அளத்தலாகும். இந்த அளவைகளுக்குப் பயன்படுத்தவேண்டிய முறைகள் ஒளிமூலத்தின் தன்மையைப் பொறுத்து அமைகின்றன. வெண்சுடர் விளக்கின் ஒளியை அளக்கும் முறைகள் முழுமையாக வளர்க்கப்பட்டுள்ளன.



படம் 23. 1
விளக்கிலிருந்து வெளிப்படும் மொத்த ஒளியை அளத்தல்.

ஒரு விளக்கிலிருந்து வெளிப்படும் மொத்த ஒளியை அளக்கும் முறையைப் பார்ப்போம். விளக்கு ஒரு பெரிய கோளத்தினுள்

வைக்கப்படுகிறது. கோளத்தின் உட்சுவர்கள் பரவலாகப் பிரதிபலிப்புத்தன்மை வாய்ந்ததாக இருக்கவேண்டும். படம் 23.1 - ல் காட்டியுள்ளபடி கோளத்தில் உள்ள சிறு சன்னல் வழியாக ஒளி வெளிப்பட்டு ஒளிக் குழாயின்மீது படுகிறது. ஒளிப் பாயத்தை அளப்பதற்குமுன் அளவீடு செய்யவேண்டும். கதிர்வீச்சுக்குணங்கள் தெரிந்த படித்தரஒளிமூலத்தினைக் கோளத்தினுள் வைத்து ஒளிக்குழாயில் பாயும் ஒளி மின்சாரத்தினை அளந்து குறிப்பதன் மூலம் அளவீடு செய்யப்படுகிறது. அளக்கப்பட வேண்டிய ஒளி மூலத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி ஒளிக் குழாயில் படுவதால் பாயும் ஒளிமின்சாரம் அளக்கப்படுகிறது. இந்த இரு ஒளிமின்சாரங்களின் விகிதம், அளக்கப்பட வேண்டிய ஒளி மூலத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிப்பாயத்திற்கும் படித்தர ஒளிமூலத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிப்பாயத்திற்கும் உள்ள விகிதத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். இந்த விகிதங்கள் சமமாக இருப்பதற்கு —

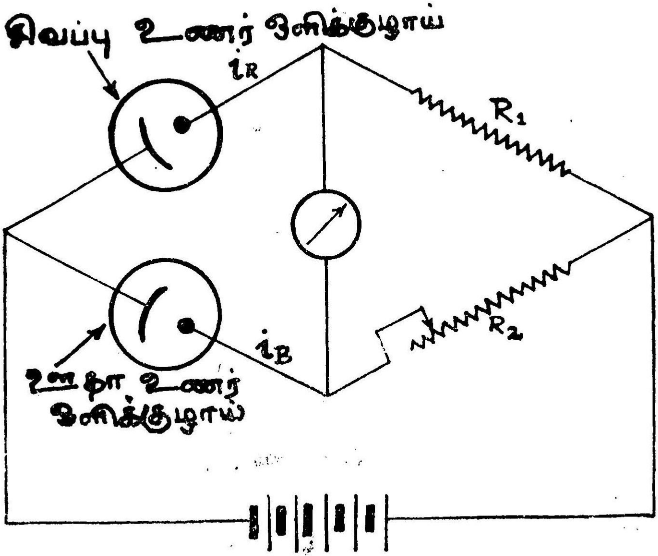
1. இரண்டு ஒளி மூலங்களும் ஒரே மாதிரியான நிறமாலை வழங்கீடு உள்ளவையாக இருக்கவேண்டும். பிளாங்க் (planck) கதிர்வீச்சு விதிக்குப் பெரிதும் ஒத்ததாகச் செய்யப்பட்ட வழங்கீடுடைய வெப்ப மூலங்களில் நிற வெப்பநிலை ஒரே மாதிரியாக இருக்க வேண்டும். அல்லது —

2. தகுந்த வடிகட்டிகளைக் கொண்டு சீர்படுத்தப்பட்ட பின் ஒளிக்குழாய்களின் நிற உணர்திறன் மனிதக் கண்ணின் சராசரிக் காண்புநிலை வரைகோட்டிற்கு (mean visible curve) ஒத்ததாக இருக்கவேண்டும்.

ஒளிக்குழாய்களின் நிறமாலை உணர்திறனுக்கும், காண்புநிலை வரைகோட்டிற்கும் இடையேயுள்ள ஒத்த தன்மைகளை வடிகட்டிகளைக்கொண்டு அதிகப்படுத்தலாம் என்பது படிகத்தில் தெரிகிறது. ஒளி மூலங்கள் மின்னிழை விளக்குகளாகவும், 2270° - லிருந்து 2970° K -க்கும் இடைப்பட்ட நிறவெப்பநிலை உள்ளதாகவும் இருந்தால், சில்வர் - சீசியம் ஒளிக்குழாய்களையும் பச்சை வடிகட்டிகளையும் பயன்படுத்தி ஒரு சதவீதத் துல்லிய அளவினைப் பெற முடியும் என்பதைப் பார்சித் (Forsythe) என்பவர் காட்டியுள்ளார்.

கோளத்தில் இரண்டு சன்னல்களை அமைத்து, அவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியைச் சிவப்பு உணர்வு, நீல உணர்வு மிக்க ஒளிக்குழாய்கள் பெறும்படி செய்தால், கிடைக்கும் ஒளி மின்சார விகிதத்தைக்கொண்டு ஒளி மூலத்தின் நிறவெப்பநிலையை அளக்கமுடியும். ஒளி மின்சாரங்களின் விகிதத்தைப்

பூச்சிய முறையில் (null method) அளக்கலாம். இம் முறையைப் படம் 23. 2 - லிருந்து புரிந்துகொள்ளலாம்.



படம் 23. 2
நிற வெப்பநிலையைக் கண்டுபிடிக்க உதவும் மின்சுற்று.

வீட்ஸ்டன் வலையின் இரு கரங்களில் இரண்டு ஒளிக்குழாய் களையும், மற்ற இரு கரங்களில் தடைகளையும் இணைத்து, மின்னேட்ட மானியில் பூச்சியம் காட்டும்படி ஒரு தடையின் அளவைச் சரி செய்யவேண்டும். இரண்டு ஒளிக்குழாய்களிலும் பாயும் மின்சாரம் முறையே I_R, I_B என்றால் அவற்றின் ஒளிமின்சார விகிதம் :

$$\frac{I_R}{I_B} = \frac{R_2}{R_1}$$

மறைக்கப்பட்ட ஒளி விளக்கங்கள் போன்ற குறைந்த ஆற்றலுடைய ஒளி மூலங்களின் குணங்களை ஆராய, தகுந்த பெருக்கிகளுடன்கூடிய ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுகின்றன. இத் துறைகளில் அளக்கப்படவேண்டிய ஒளிப்பாயம் 0·002 முதல் 0·2 லக்சுக்கு இடைப்பட்டதாகும். எனவே, குறைந்த உணர் திறனுடைய தடையடுக்கு மின்கலங்கள் இதற்கு ஏற்றதல்ல. தடையடுக்கு மின்கலங்கள் ஒரு லக்ஸ் ஒளிப்பாயத்திற்கு 0·3 மைக்ரோ ஆம்ப்பியர் மின்சாரத்தைத்தான் தரவல்லன. ஆனல், பெரிதும் குறைக்கப்பட்ட கிரிட் மின்னேட்டக் குழாய்களும்

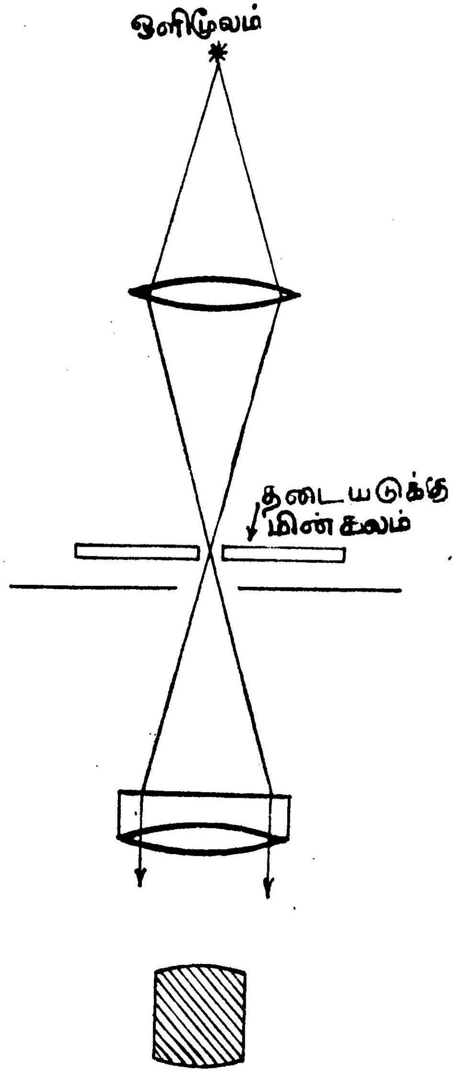
பெருக்கியும் கூடிய ஒளிக்குழாய்கள் ஒரு லக்ஸ் ஒளிப்பாயத்திற்கு 40 மைக்ரோ ஆம்ப்பியர் மின்சாரத்தைத் தரவல்லன. குறைந்த ஒளிப்பாயங்களை அளப்பதற்கு இது போதுமானது. இதற்கு ராட்டன் (Wratten) 11 (x – 1) வடிகட்டியுடன் கூடிய 931 - A ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய் ஏற்றதாக உள்ளது.

"வடிகட்டித் திருத்தங்களைப்" பயன்படுத்திய தடையடுக்கு மின்கலங்களின் நிறமாலை உணர்திறன், மனிதக் கட்புலன் உணர்திறனுக்குச் சமமாக இருக்கிறது. இத்தகைய தடையடுக்கு மின்கலங்களைக்கொண்டு, மின் உமிழ் வாயு விளக்குகள், வெப்பமில்லா ஒளி மூலங்கள் ஆகியவற்றின் ஒளிகளை நல்ல முறையில் அளக்கலாம். இத்தகைய ஒளி மூலங்கள் வெளியிடும் மொத்த ஒளியையோ அல்லது ஒளி விளக்கத்தையோ அளப்பதற்கு ஒளி விளக்கமானிகளைப் பயன்படுத்தும்போது, கிடைக்கும் அளவை ஒரு திருத்த எண்ணினால் பெருக்கவேண்டும். 2700°K நிற வெப்பநிலை உள்ள டங்ஸ்டன் விளக்கைக்கொண்டு, திருத்த எண்கள் அளவீடு செய்யப்படுகின்றன. ஜெனரல் எலெக்ட்ரிக் ஒளி உணர் கருவிகளை வடிகட்டிகள் இன்றிப் பயன்படுத்தும்போது, பெருக்கவேண்டிய திருத்த எண்கள் கீழே தரப்பட்டுள்ளன :

ஒளிமூலம்	திருத்த எண்
டங்க்ஸ்டன் (2700°K)	1·00
நியான் குழாய்	0·85
பாதரசம் (அதிக அழுத்தம்)	0·70
பாதரசம் (குறைந்த அழுத்தம்)	0·84
சோடியம்	1·36
ஒளிர் விளக்குகள் :	
வெள்ளை (3500°K)	1·04
பச்சை	1·45
நீலம்	0·46
சிவப்பு	0·68

தொடக்க காலத்தில், ஒளி விளக்க அளவுகளில் வடிகட்டிகளைப் பயன்படுத்தியபோது துல்லியம் ±5 சதவீதமாக இருந்தது. மேற் சொன்னதைப் போன்ற திருத்த எண்களைக்கொண்டு, வடிகட்டிகள் இன்றிச் செய்யப்பட்ட அளவுகளில் துல்லியம் 5 முதல் 10 சதவீதமாக இருக்கிறது.

நல்ல முடிவுகளைப் பெறச் சோர்வுறும் தன்மை குறைவான மின்கலங்களைத் தேர்ந்தெடுத்தல் முக்கியமானது. ஏனெனில்,



படம் 23. 3
பிரதிபலிப்பு ஒளியை அளத்தல்.

உணர்திறன் அதிகரிக்கும்போது சோர்வுறும் தன்மையும் அதிகமாகிறது. தடையடுக்கு மின்கலங்களின் உணர்திறனில் ஏற்படும் மந்தமான பிறழ்ச்சியை, அவ்வப்போது சோதனைப் பெட்டி கொண்டு மறு அளவீடு செய்து திருத்தம் செய்வதன் மூலம் தவிர்க்கலாம். வெப்பநிலை மாறுதல்களால், ஒளி விளக்கமானியின் அளவுகளில் ஏற்படும் தவறு, ஒரு டிகிரி சென்டிகிரேடுக்கு 0·2 சதவீதமாகும்.

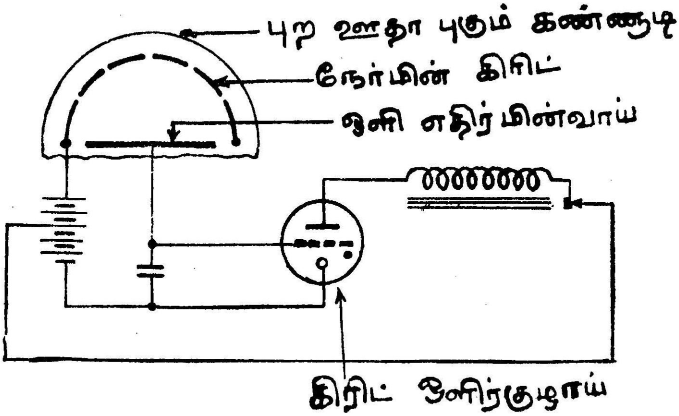
எங்கும் கொண்டு செல்லத்தக்க, தடை அடுக்கு மின்கலமானிகளில் சில மாற்றங்களைச் செய்து அவற்றைக் குறிப்பிட்ட நோக்கங்களுக்காகப் பயன்படுத்தலாம். நீட்டத்தக்க கம்பியின் முனையில் தடையடுக்கு மின்கலத்தைப் பொருத்தி, செல்ல முடியாத இடங்களை ஆராயலாம். மின்கலத்தின் மத்தியில் சிறு தொளையிட்டு, ஒளி கடக்குமாறு செய்து, முன் நோக்கத் திசையில் பிரதிபலிக்கும் ஒளியைப் "பூனைக்கண் பொத்தான்களைக்" (cat's eye button) கொண்டு அளக்கலாம். இத்தகைய அமைப்பு, படம் 23. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு குறிப்பிட்ட திசையிலிருந்து வரும் ஒளியை, எதிரொளிப்பு இல்லாத கூம்பு போன்ற முகடுகளைக்கொண்டு அளக்கலாம். ஒரு பரப்பின்மீது விழும் ஒளியின் அளவை, சன்னல் எதிரொளிப்பு விளைவு, மின்கலத்தின் சட்டத்தின் நிழல் விழுவதால் ஏற்படும் விளைவு ஆகியவற்றிற்காக ஒரு திருத்த அளவீடு முறையைக் கையாண்டு துல்லியமாக அளக்கலாம்.

கதிரவன் ஒளியை அளத்தல்

ஒளி மூலங்களை அளக்கும் துறையில் ஒளிமின்சாரத்தின் முக்கியமான பயன், கதிரவனிலிருந்து வரும் புற ஊதாக் கதிர் வீச்சை அளப்பதாகும். அவ்வாறு அளக்கப்படவேண்டிய நிறமாலைப் பட்டை ஏறத்தாழ 2900 - லிருந்து 3200 ஆங்ஸ்ட்ராம் அளவுவரை இருக்கிறது. இதற்கென்றே செய்யப்பட்ட தூய சிர்க்கோனியம் (zirconium) ஒளிக்குழாய்களின் நிறமாலை உணர்திறன் இதற்குப் பொருத்தமாக இருக்கிறது.

கதிரவனிடமிருந்தும் வானத்திலிருந்தும் வரும் புற ஊதாக் கதிர் வீச்சைப் பதிவு செய்யும் ஒளிமின் கருவியின் அமைப்பு, படம் 23. 4 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதன் எதிர்மின்வாய், 35 மில்லிமீட்டர் விட்டமுடைய தட்டையான தட்டு. எதிர்மின்வாயைச் சுற்றியுள்ள கனமான வளையத்தினால் தாங்கப்பட்டிருக்கும் வில்போன்ற நுண்ணிய கம்பிகளே இதன் நேர்மின்வாய். ஒளிக்குழாயின் மற்றப் பாகங்களுடன், ஒரு மின் தேக்கியும், கிரிட் ஒளிரும் குழாயும் சிலிக்கா கண்ணாடிக் கூட்டிற்குள் வைக்கப்

பட்டுள்ளன. கருவியின் மற்றப் பாகங்கள் ஓர் உலோகக் கூட்டினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. எதிர்மின்வாய் உள்ள கண்ணுடிக் கூட்டில் 8 செ.மீ. விட்டமுள்ள அரைக் கோளப் பகுதி மட்டும்தான், உலோகக்கூட்டுக்கு வெளியே தெரியும்.



படம் 23. 4

புற ஊதாக் கதிர் வீச்சைப் பதிவு செய்யும் ஒளிக்குழாய்.

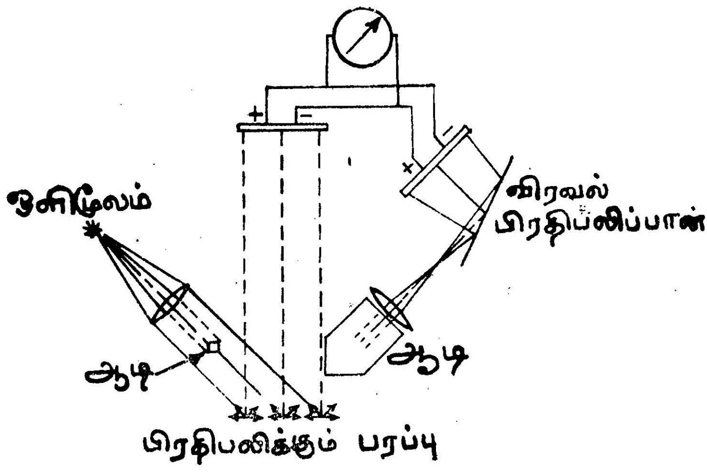
புற ஊதாக் கதிர்கள் ஒளிக்குழாயில் படும்போது வெளி வரும் ஒளி மின்சாரம், எதிர்மின்வாயுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள மின்தேக்கியில் தேக்கப்படுகிறது. இதனால் கிரிட் ஒளிரும் குழாயின் மின்னழுத்தம் உயர்கிறது. இந்த மின்னழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவை அடைந்தவுடன், கிரிட் ஒளிரும் குழாய் மின் கடத்தும் தன்மையை அடைகிறது. இந்த நிலையில், மின்தேக் கியில் உள்ள மின்சாரத்தை மின்தேக்கி உமிழ்ந்துவிடுகிறது. இதனால் கிரிட் ஒளிர் குழாயின் நேர்மின்வாயில் பாயும் மின் னேட்டம் ஒரு கணக்கிடும் அஞ்சலைச் செயல்பட வைக்கிறது.

இந்த அஞ்சல், நேர்மின்வாய் மின்சுற்றில் குறுக்கிட்டு, கிரிட் ஒளிர் குழாயின் உமிழ்வைத் தடுக்கிறது. கணக்கிடும் அஞ்சலின் ஒவ்வோர் எண்ணிக்கையும், ஒளிக்குழாயின்மீது பட்டுள்ள புற ஊதாக் கதிர் வீச்சின் குறிப்பிட்ட அளவாகும். இந்த அளவு, மின் தேக்கியின் மின்தேக்கு திறனையும், ஒளிக் குழாயின் உணர் திறனையும் பொறுத்து அமைகிறது. இந்த எண்ணிக்கையும் காலமும் ஒரு நாடாவில் பதிவுசெய்யப்படுகின்றன. இந்த நாடாக் களைக் கொண்டு, ஒரு குறிப்பிட்ட இடத்தில் இந்த ஒளிக் குழா யின் துணையுடன், உயிரணுக்களைத் தாக்கும் மொத்த புறஊதாக் கதிர்வீச்சின் அளவை அறியலாம்.

வானம் தெளிவாக இருந்த ஒரு சாதாரண நாள் நண்பகலில் வாசிங்டன் நகரில் படும் புற ஊதாக் கதிர்வீச்சின் அளவு, மொத்தமாகப் படும் கதிர்வீச்சில் ஏறக்குறைய ஆயிரத்தில் ஒரு பங்கு எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளது. இங்குக் கதிர் வீச்சுப் பாய அளவு ஒரு சதுர மீட்டருக்கு 700 வாட்ஸ் அளவாக இருக்கிறது. கதிரவன் மறைவதற்கு ஒரு மணி நேரம் முன்பு, மொத்தக் கதிர்வீச்சுப் பாயம் பாதி அளவாகக் குறைந்துவிடுகிறது. அப்போது புற ஊதாக் கதிர்வீச்சுப் புறக்கணிக்கத்தக்க அளவு குறைந்துவிடுகிறது.

பிரதிபலிப்பு மானிகள்

ஒளி மூலங்களாகச் செயல்படத் தகுதியற்றவையாகக் கருதப்படும் பொருள்களால் பிரதிபலிக்கப்படும், ஊடுருவப்படும், வெளியிடப்படும் ஒளியை அளக்கும் துறைகளில், ஒளிமின்கலங்கள் நல்ல பயன் தருகின்றன. இதுபோன்ற பொருள்களின் பிரதிபலிக்கும் தன்மைகளைப் பிரதிபலிப்புமானி (Reflectometer) அல்லது கொனியா ஒளிமானி (Gonio photometer) என்னும் கருவியால் அளக்கலாம். இக் கருவியால் பளபளப்பான பிரதி



படம் 23. 5
பிரதிபலிப்புமானி.

பலிப்பையும், விரவலான பிரதிபலிப்பையும், ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்தில் இரண்டு பிரதிபலிப்புகளின் விகிதத்தையும் அளக்கலாம். இத்தகைய பிரதிபலிப்புமானி படம் 23. 5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

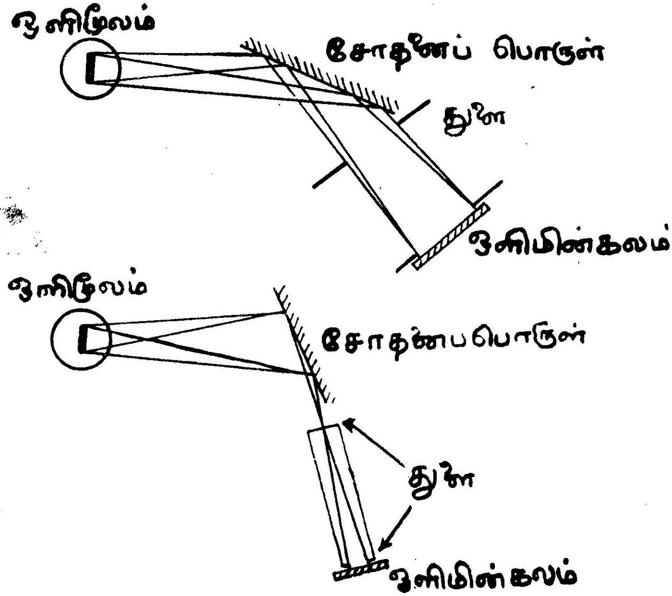
ஒளிக்கற்றை இரண்டாகப் பிரிக்கப்பட்டு, அதில் ஒரு பாகம் ஒரு சிறிய கண்ணாடியால் பிரதிபலிக்கப்பட்டுச் செங்குத்தாக உள்ள சோதனைப் பரப்பின்மீது படுகிறது. மீதமுள்ள பாகம் கிடைத்தளச் சோதனைப் பரப்பின்மீது விழுகிறது. கிடைத்தளச் சோதனைப் பரப்பின்மீது விழும் ஒளி, விரவலாகப் பிரதிபலித்து, பிரதிபலிப்புத் தடையடுக்கு மின்கலத்தின்மீது படுகிறது. செங்குத்துச்சோதனைப்பரப்பின்மீது படும் ஒளி, பளபளப்பான பிரதிபலிப்பாக மற்றொரு தடையடுக்கு மின்கலத்தின்மீது விழுகிறது. இந்த இரண்டு தடையடுக்கு மின்கலங்களும், அவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிமின்னோட்டம் எதிர்த் திசைகளில் இருக்குமாறு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. மின்னோட்டமானியில் பூச்சிய விலக்கம் ஏற்படுவதற்குப் 'பிரதிபலிப்புத்' தடையடுக்கு மின்கலத்தைச் செங்குத்தாக நகர்த்தவேண்டும்.

இவ்வாறு நகர்த்திய தொலைவை அளப்பதன் மூலம், பளபளப்புப் பிரதிபலிப்பிற்கும் விரவல் பிரதிபலிப்பிற்கும் உள்ள விகிதத்தைக் கணக்கிடலாம். பளபளப்புப் பிரதிபலிப்பை மட்டும் அளக்க, கிடக்கைத்தளச் சோதனைப் பரப்பை நீக்கி அதற்குப் பதில் ஒரு சுத்தமான விரவல் தளத்தை வைக்கவேண்டும். விரவல் பிரதிபலிப்பை மட்டும் அளக்க, செங்குத்தான சோதனைப் பரப்பை நீக்கி, அதற்குப் பதில் ஓர் ஆடியை வைக்கவேண்டும். இதில் சில துணைக் கருவிகளை இணைப்பதன் மூலம், நிறத் தன்மைகளையும், ஊடுருவல்களையும், பெரிய படுகோணங்களில் பளபளப்புப் பிரதிபலிப்பையும் அளக்கலாம்.

பளபளப்பான மற்றும் விரவலான பிரதிபலிப்புகளை எல்லாக் கோணங்களிலும் அளக்கக் கூடிய துல்லியமான கருவி 'கொனியா ஒளி மானி'. சோதனைப் பொருள் ஒரு சுழலும் மேசையிலும், தடையடுக்கு மின்கலம் ஒரு நகரும் கரத்தின்மீதும் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இதில் ஒளிபுகாத் தடுப்பான்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. பளபளப்பான பிரதிபலிப்பை அளக்கும்போது, ஒளிமூலத்தின் பளபளப்புப் பிரதிபிம்பத்தின் எல்லாப் பகுதிகளும் மின்கலத்தின் எல்லாப் பகுதிகளையும் ஒளிரச் செய்யும் வகையில் தடுப்பான்கள் அமைக்கப்படுகின்றன. விரவல் பிரதிபலிப்பை அளக்கும்போது, சோதனைப் பொருளில் முழுமையாக ஒளிவிளக்கம் செய்யப்பட்ட பகுதிகளிலிருந்து வரும் ஒளியைமட்டுமே தடையடுக்கு மின்கலம் பெறும் வகையில் தடுப்பான்கள் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. (படம் 23. 6)

ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்தில் சோதனைப் பொருளின் பளபளப்புப் பிரதிபலிப்புத் திறனை அளக்கக் கீழ்க்கண்ட முறை

கையாளப்படுகிறது. படும் ஒளிக்கற்றை, மின்கலம் பொருத்தப் பட்ட கரம் ஆகியவற்றிற்கும், சோதனைப் பொருளின் பரப்பிற்



படம் 23. 6

கொனியா ஒளிமானியால் (a) பளப்பான
(b) விரவலான பிரதிபலிப்பை அளத்தல்.

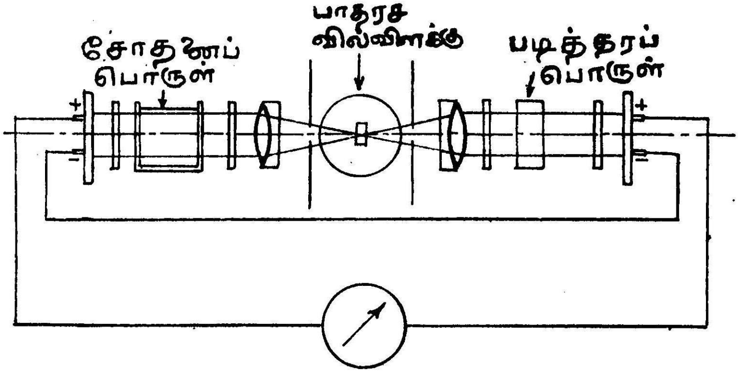
குச் செங்குத்தாக உள்ள கோட்டிற்கும் இடையில் உள்ள கோணம், குறிப்பிட்ட படுகோணத்திற்குச் சமமாக அமைக்கப் பட்டு முதலில் ஒளிப்பாயம் அளக்கப்படுகிறது. பின்னர்ச் சோதனைப் பொருளை நீக்கிவிட்டு, ஒளிமூலமும் மின்கலமும் ஒரே விட்டத்தில் இருக்குமாறு அமைத்து இரண்டாவதாக ஒளிப் பாயம் அளக்கப்படுகிறது. இந்த இரு ஒளிப் பாயங்களுக்கும் உள்ள விகிதத்தைக்கொண்டு பளபளப்புப் பிரதிபலிப்புத்திறன் கணக்கிடப்படுகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட படுகோணத்தில் விரவல் பிரதிபலிப்பை அளக்கக் கீழ்க்கண்ட முறை கையாளப்படுகிறது. முதலில் சோதனைப் பொருளைத் தேவையான இடத்தில் வைத்து ஒளிப் பாயம் அளக்கப்படுகிறது. பின்னர் அதே இடத்தில், மக்னீசி

யம் ஆக்சைடு போன்ற முழுமையான விரவல் தன்மையுடைய பரப்பை வைத்து ஒளிப்பாயம் அளக்கப்படுகிறது. இவ்விரண்டு ஒளிப்பாயங்களுக்கிடையே உள்ள விகிதத்தைக் கொண்டு, விரவல் பிரதிபலிப்புத் திறன் கணக்கிடப்படுகிறது.

ஒளிர்தல் மானி

ஒளிரும் பொருள்களின் ஒளி அளவுகளை அளக்க உதவும் கருவியை 'ஒளிர்தல்மானி' (fluorometer) என வழங்கலாம். திரவங்களில் உள்ள வைட்டமின் செறிவை அளக்கப் பயன்படும் ஓர் ஒளிர்தல்மானி படம் 23.7 -ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அதிக அழுத்த, பாதரச வில் ஒளி மூலமாகச் செயல்படுகிறது. இதிலிருந்து இரண்டு ஒளிக்கற்றைகள் வருகின்றன. ஒளிர்தல் தன்மையற்ற கண்ணாடிக் கலத்தினுள் வைக்கப்பட்டுள்ள சோதனைத் திரவத்தின் வழியாக ஓர் ஒளிக்கற்றை செல்கிறது.



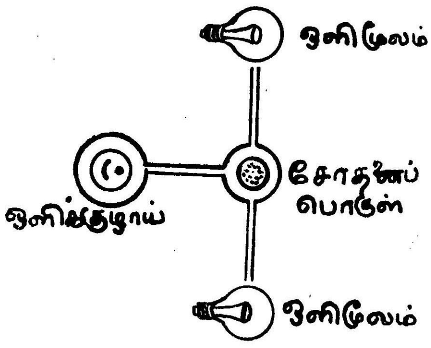
படம் 23.7
தடையடுக்கு மின்கலமுடைய ஒளிர்தல் மானி.

யுரேனியம் கண்ணாடி போன்ற ஒளிரும் தன்மைவாய்ந்த பொருளின் வழியாக மற்றோர் ஒளிக்கற்றை செல்கிறது; இவற்றின் வழியாகச் செல்லுமுன் ஒளிக்கற்றைகள் ராட்டன் 18 வடிகட்டிகள் வழியாகச் செல்லுகின்றன. கட்புலனால் உணரத்தக்க ஒளிக் கதிர்கள் இங்கே தடைசெய்யப்படுகின்றன, 3650 A.U. அளவுள்ள புற ஊதாக் கதிர்கள் மட்டுமே வருகின்றன. இவையும் ஒளிரும் பொருள்களைக் கடந்த பின்னர், மற்றொரு வடிகட்டியால் வடிகட்டப்படுகின்றன. கண்ணாடி (chance OY 13) வடிகட்டி, புறஊதாக் கதிர்களை வடிகட்டிக் கட்புலனாகும் ஒளிரும் கதிர்களை மட்டுமே தருகின்றன.

இவ்வாறு வரும் ஒளிரும் கதிர்கள், இரண்டு பக்கங்களிலு முள்ள தடையடுக்கு மின்கலங்கள்மீது படுகின்றன. இம் மின் கலங்களின் ஒளிமின்சாரம் ஒன்றையொன்று எதிர்க்கும் வண்ணம் ஒரு மின்னோட்டமானியால் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. சுருங்கி விரியக் கூடிய ஒளிமறைப்புகளை (iris diaphragm), அமைத்து அவற்றை இயக்கி மின்னோட்ட மானியில் பூச்சிய அளவினை ஏற் படுத்தலாம். அந்த இயக்கத்தை அளப்பதன் மூலம், ஒளிரும் பொருளின் செறிவைக் கணக்கிடலாம்.

பெரிலியம் கனிமம் (beryllium ore) போன்ற மிகக் குறைந்த ஒளிரும் பொருள்களுக்குத் தடையடுக்கு மின்கல முறைகள் பயன் தருவதில்லை. இவற்றிற்கு நீல உணர்வு ஒளிக்குழாய்களைப் பெருக்கிகளுடன் பயன்படுத்தவேண்டும். மேலும், ஒளிரச் செய்யும் புற ஊதாக் கற்றைக்கும், அளக்கப்படும் ஒளிர் கற்றைக்கும் இடையே செங்கோணம் இருக்குமாறு கருவிகள் அமைக்கப்படவேண்டும். ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய்களைக் கொண்டு இன்னும் அதிக உணர்திறனைப் பெறலாம்.

உயிர் நுண்மங்கள் ஒளி வீசும் தன்மையினை (bacterial luminescence) ஒளிக்குழாய்களைக்கொண்டு அளக்கலாம். அக்ரோ மோபாக்டர் பிஸ்சரி (achromobacter fischeri) போன்ற உயிர் நுண்மங்களின் ஒளிரும் தன்மையினை அளக்க, உயிர் நுண்மங்கள் ஒரு தட்டையான கலத்தில் வைக்கப்படுகின்றன. கலத்தின் அடியில், முன் பெருக்கியுடன்கூடிய ஒளிக்குழாய்கள் அமைக்கப் பட்டுக் கலம் வைக்கப்பட்டுள்ள மேசை வன்மையாக ஆட்டப்படு



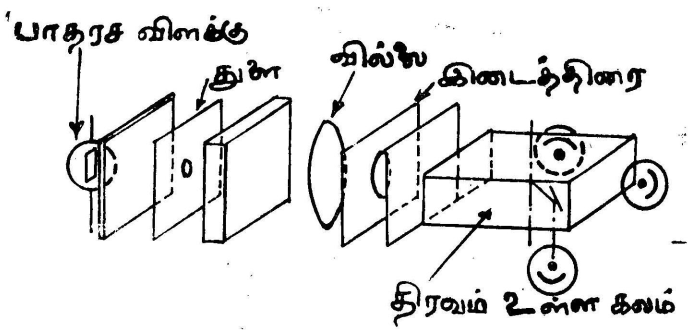
படம் 23. 8
கலங்கல் நிலை ஒப்பளவுமானி.

கிறது. நுண்மங்கள் ஒளிரும்போது, ஒளிக்குழாயிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிமின்னோட்டம் அளக்கப்படுகிறது.

கலங்கல் நிலை அளவுமானி

திரவங்களின் கலங்கல் நிலையைக் (turbidity) கணக்கிடவும் ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுகின்றன. கலங்கல் நிலை ஒப்பளவுமானி ஒன்று படம் 23. 8-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. கலங்கள் நிலை அளக்கப்படவேண்டிய திரவம் ஒரு சோதனைக் குழாயில் வைக்கப் படுகிறது. தூய்மையான இரண்டு வெண்சுடர் விளக்குகளி லிருந்து வரும் ஒளி, குறுகிய பிளவுகள் மூலம் சென்று திரவத்தை ஒளிரச் செய்கிறது. ஒளிபடும் திசைக்குச் செங்கோணத்தில் மற்றொரு பிளவு வைக்கப்பட்டுள்ளது. இந்தப் பிளவு, சிதறல் ஒளியை ஒளிக்குழாயின்மீது படச்செய்கிறது. இந்த ஒளி படுவதால் வெளிப்படும் ஒளிமின்னோட்டம் ஒரு பெருக்கியினால் பெருக்கப்பட்டு அளக்கப்படுகிறது. இக் கருவி, முதலில் கலங்கல் நிலை தெரிந்த பொருளைக்கொண்டு அளவீடு செய்யப்படுகிறது.

காற்று வடிகட்டிகளின் (air filters) திறமையைத் தெரிந்து கொள்ள ஒளிமின் பெருக்கிகள் உதவுகின்றன. வடிகட்டப்படாத காற்றிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிச் சிதறல்கள் பல ஆடிகள் மூலம் ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாயின் எதிர்மின்வாயில் விழச்செய்யப் படுகின்றன. அப்போது வெளிப்படும் ஒளிமின்னோட்டம், வடி கட்டிய காற்றினால் வெளிப்படும் ஒளிமின்னோட்டத்தோடு ஒப்பிடப் படுகிறது.



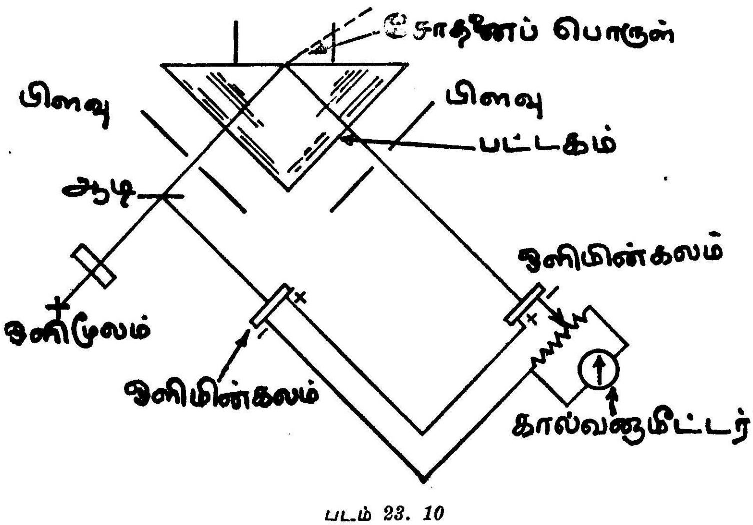
படம் 23. 9
கரைசல்களின் ஒளிச்சிதறலை அளக்கும் கருவி.

கரைபொருளின் மூலக்கூறு எடை காணல்

ஒளிச் சிதறலை ஒளிக்குழாய்களால் அளக்கும் முறை, கரைசலில் கரைந்துள்ள கரையும் பொருளின் மூலக்கூறு எடைகளைக் கணக்கிடவும் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இத்தகைய

கணக்கீட்டில், ஒரே நிற ஒளி மூலத்தின் சிதறல் ஒளியைச் சிதறல் கோணச் சார்புடையதாக அளக்கவேண்டியுள்ளது. கரைசல்களின் ஒளிச்சிதறலைக் கணக்கிடும் கருவி படம் 23. 9 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

அதிக அழுத்தப் பாதரச மின்னுமிழ் குழாயிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளிக்கதிர்கள் நிற வடிகட்டிகள் மூலம் செலுத்தப் படுகின்றன. வடிகட்டிகளிலிருந்து வெளிப்படும் ஒரே நிற ஒளிக் கற்றை இணையாக்கப்பட்டு, கரைசல் அடங்கியுள்ள கலத்தை அடைகிறது. செங்குத்தான அச்சை மையமாகக்கொண்டு சுற்றத்தக்க ஒரு கண்ணாடி 45° கோணத்தில் கரைசலில் வைக்கப் பட்டுள்ளது. கரைசலிலிருந்து வெளிப்படும் சிதறல் ஒளியை இந்தக் கண்ணாடி, கரைசல் கலத்தின் நேர்கீழே வைக்கப்பட்டுள்ள 929 ஒளிக்குழாயின்மீது விழுமாறு திருப்புகிறது. இது தவிர இன்னும் மூன்று 929 ஒளிக்குழாய்கள் உள்ளன. இவை, பிரதம ஒளிக் கற்றையின் செறிவையும், கரைசல் ஊடுருவிச் செல்லும் ஒளியையும், பிரதம ஒளிக் கற்றைக்குச் செங்கோணத்தில் சிதறும் ஒளியையும் அளக்கப் பயன்படுகின்றன. இந்த அளவுகளைக் கொண்டு கரைபொருளின் மூலக்கூறு எடையைக் கணக்கிடலாம்.



படம் 23. 10
ஒளிவிலகல் அளவுமானி.

ஒளிவிலகல் அளவுமானி

திரவங்களின் ஒளி விலகல் எண்ணில் ஏற்படும் சிறிய மாற்றங்களை அளக்க ஒளிமின் முறைகள் பொருத்தமாக உள்ளன,

ஒரு சாதாரணமான ஒளி விலகல்மானியின் (refractometer) அமைப்பு, படம் 23. 10 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சோதனைத் திரவம் ஒரு கலத்தில் வைக்கப்பட்டுள்ளது. கலத்தின் அடிப் பாகத்தில் ஒரு கண்ணாடி முப்பட்டகம் உள்ளது. ஒளி மூலத்தி லிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றை, கண்ணாடி - திரவ முகப்பின்மீது ஏறத்தாழ மாறுதானக் கோணத்தில் விழுகிறது. அவ்வாறு விழும் ஒளியின் ஒரு பாகம் பிரதிபலிக்கப்பட்டு ஒரு தடையடுக்கு மின் கலத்தின்மீது விழுகிறது. மற்றொரு தடையடுக்கு மின் கலத்தின்மீது, ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளியின் ஒரு சிறிய பாகம் படுமாறு செய்யப்படுகிறது.

இரண்டு ஒளிமின் கலங்களிலிருந்தும் வெளிப்படும் ஒளிமின் னோட்டம் எதிர்த் திசையில் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. இது மின் னோட்டமானி முள்ளை விலகல் செய்கிறது. முதலில் தெரிந்த திரவத்தைக்கொண்டு மின்னோட்டமானியில் பூச்சிய அளவீடு செய்யப்படுகிறது. பின்னர்ச் சோதனைத் திரவத்தை எடுத்துக் கொள்ளும்போது, அதன்- ஒளி விலகல் எண் மாற்றத்திற்குத் தக்கவாறு, மின்னோட்டமானியில் விலகல் இருக்கும். இவ்வாறு திரவங்களின் ஒளி விலகல் எண்மாற்றங்களை 0·00005 அளவு துல்லியமாக அளக்கலாம்.

உயர் வெப்பநிலை அளவியல்

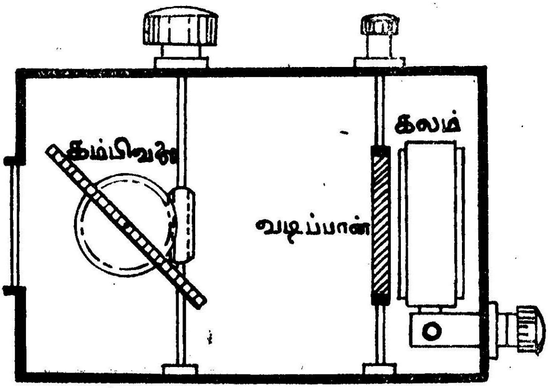
மிக உயர்ந்த வெப்பநிலைகளை ஒளிமின் கலங்களின் துணையால் அளக்கலாம். உருக்கு உலைகளின் உட்பக்கம் போன்ற வெண் சுடர் ஒளிதரும் பொருள்களின் வெப்பநிலையை, அவற்றிலிருந்து வெளிப்படும் கதிர்வீச்சைக்கொண்டு அளக்கலாம். இத்தகைய உயர் வெப்பநிலை அளவியலில் (pyrometry) இரண்டு அடிப்படை யான முறைகள் கையாளப்படுகின்றன.

முதலாவது முறையில், பொருளினின்றும் வெளிப்படும் மொத்தக் கதிர்வீச்சும் அளக்கப்படுகிறது. பொருளின் வெப்ப நிலை உயரஉயரக் கதிர்வீச்சும் அதிகரிப்பதால், மொத்தக் கதிர் வீச்சை அளப்பதன்மூலம் வெப்பநிலையை அறியலாம். இரண் டாவது முறையில், பொருளிலிருந்து வரும் கதிர்வீச்சிலுள்ள இரண்டு தனித்தனி நிறப்பட்டைகளை வெவ்வேறு ஒளிக்குழாய் களால் அளப்பதாலோ அல்லது வெவ்வேறு வடிகட்டிகளைக் கொண்டு ஒரே ஒளிக்குழாயால் அளப்பதாலோ அறியலாம்.

இரண்டாவதாகச் சொல்லப்பட்ட முறை - இரு நிற உயர் வெப்பநிலை அளவியல் - சில குறிப்பிடத்தக்க அனுகூலங்களைப் பெற்றுள்ளது. பொருள்களின் கதிர்வீசுதன்மையின் தனி

மதிப்பாலோ, ஒளிப்பாதையில் உட்கவர் பொருள்கள் இருப்பதாலோ அளவுகள் பாதிக்கப்படுவதில்லை. மேலும், தடையடுக்கு மின்கலங்களைப் பயன்படுத்தும்போது அவற்றின் உணர்திறன் மாறுவதால் உண்டாகும் தவறுகளை, இத்தகைய ஒப்புநோக்கு முறையால் தவிர்க்க முடிகிறது.

ஓர் எளிய தடையடுக்கு மின்கலப் பைரோமீட்டர் (barrier layer cell pyrometer) படம் 23. 11 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் ஓர் ஒளிமின்கலம், ஒளிப் பாதையிலிருந்து விலக்கத்தக்க ஒரு வடிகட்டி, ஒளிமின் கலத்தின்மீது படும் ஒளியைக் கட்டுப் படுத்தவல்ல ஒரு வலை ஆகியவை இருக்கின்றன. ஒளிமின்



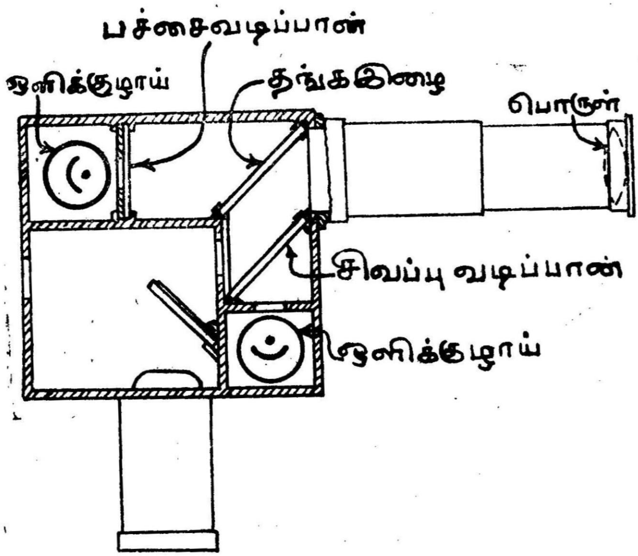
படம் 23. 11

தடையடுக்கு மின்கலப் பைரோமீட்டர்.

கலத்தின் மின்னோட்டம் பூச்சிய முறையினல் அளக்கப்படுகிறது. முதலில் வடிகட்டி ஒளிப்பாதையிலிருந்து அகற்றப்படுகிறது. மின்னழுத்தமானியை (potentio meter) ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையான மின்னழுத்தத்தில் கொண்டு, வலையை மாற்றி, கால்வனேமீட்டர் விலகல் பூச்சியமாக்கப்படுகிறது. பின்னர் ஒளிப்பாதையில் வடிகட்டி செருகப்பட்டு, கால்வனேமீட்டரில் பூச்சிய அளவு கிடைக்குமாறு மின்னழுத்தமானி நகர்த்தப்படுகிறது. மின்னழுத்தமானியின் அளவுகோல் வெப்பநிலையை நேராகக் கெல்வின் டிகிரியில் தருகிறது. இத்தகைய பைரோமீட்டரை 1600° - லிருந்து 2900°K வரையிலான வெப்பநிலைகளுக்குப் பயன்படுத்தலாம்.

இரண்டு ஒளிக்குழாய்களையும் தகுந்த வடிகட்டிகளையும் கொண்டு, அதிக துல்லியமான இரு நிறப் பைரோமீட்டர்களை

உண்டாக்கலாம். இத்தகைய கருவியொன்று படம் 23. 12 – ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளிமூலத்திலிருந்து வரும் ஒளி ஒரு தங்க



படம் 23. 12
இருநிறப் பைரோமீட்டர்.

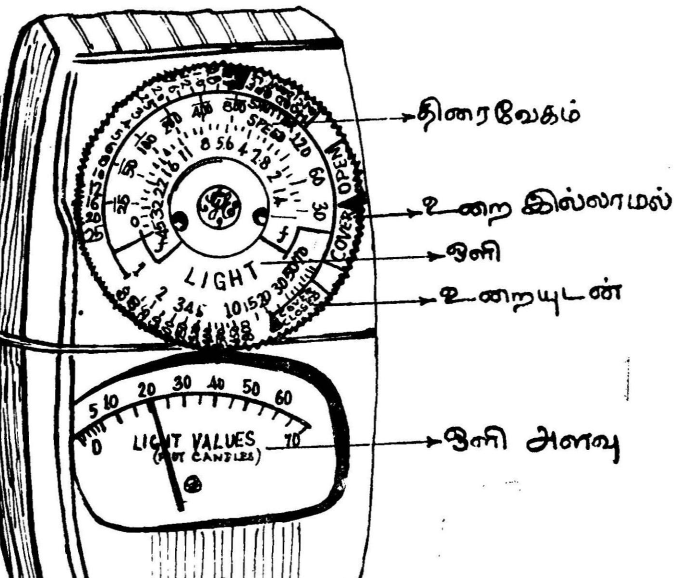
வடிகட்டியால் இரண்டாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. தங்க வடி கட்டியால் பிரதிபலிக்கப்பட்ட ஒளி, ஒரு சிவப்பு வடிகட்டி மூலம் சில்வர் சீசியம் (silver cesium) ஒளிக்குழாயின்மீது படுகிறது. தங்க வடிகட்டியால் கடத்தப்பட்ட ஒளி, ஒரு பச்சை வடிகட்டி மூலம் மற்றொரு ஒளிக்குழாய்மீது படுகிறது. இந்த இரு ஒளிக் குழாய்களும் வீட்ஸ்டோன் வலையின் இரு கரங்களாக ஒரு மின் சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ளன. வீட்ஸ்டோன் வலையின் மற்ற இரு கரங்களில் உள்ள தடைகளுள் ஒன்றை மாற்றி அமைப்பதன் மூலம் ஒளிமின் விகிதத்தை அறியலாம். இக் கருவியைத் தொடர்ச்சியாக வெப்பநிலைகளைப் பதிவு செய்யும் வண்ணம் மாற்றி அமைக்கலாம். இதனல் அளக்கப்படும் வெப்பநிலையில் ஏறத்தாழ 10°C தவறுதல் ஏற்படலாம்.

ஒளிபடர் நேர அளவீடு

ஒளிமின் கருவிகளில் சாதாரண மனிதர்கள்கூட அறிந்த ஒரு கருவி, நிழற்பட ஒளிபடர் நேர மானியாகும் (photographic exposure meter). இதில் ஒரு தடையடுக்கு மின்கலமும், ஒரு

மைக்ரோ அம்மீட்டரும், சில அளவைச் சுட்டு முகப்புகளும் (dial) இருக்கின்றன. லென்ஸ் திறப்புக்கும், மீட்டர் அளவைக்கும் பொருத்தமான திரைவேகத்தை (shutter speed), இந்த அளவைச் சுட்டு முகப்புகளைக்கொண்டு காணலாம். இந்தக் கருவியுடன் ஒரு மேலுறையும் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும். இந்த மேலுறை ஒளிமின் கலத்தின்மீது படும் ஒளியைப் பத்தில் ஒரு பாகமாகக் குறைத்துவிடுகிறது.

கருவியின் மேல் பாகத்தை மட்டும் மூடக்கூடிய மூடி ஒன்றும் இருக்கிறது. இந்த மூடியை அகற்றினால், ஒளிமின்கலத்தின் தட்டையான பாகம், ஒளிபடத் தகுந்தவாறு திறந்துவைக்கப் படுகிறது. இவ்வாறு மூடியை அகற்றிக் கருவியைப் பயன் படுத்தினால், மின்கலத்தின்மீது படும் ஒளிவிளக்கத்தை அடிக் கான்டில் அளவில் அளக்கலாம். மூடியை அகற்றாமல் பயன் படுத்தினால், படம் எடுக்கவேண்டிய காட்சியின் ஒளி விளக்கத்தை

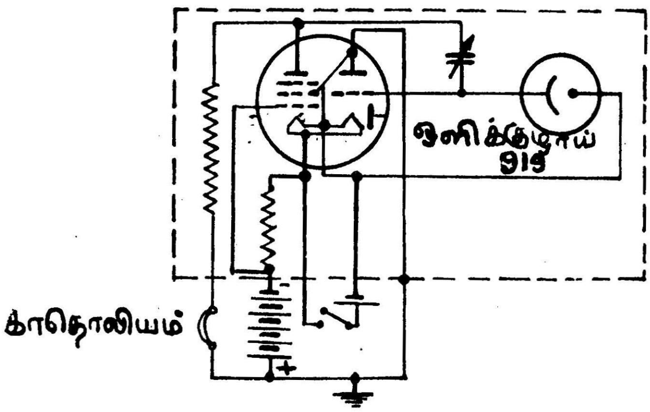


படம் 23. 13
ஒளிபடர் நேர அளவுமானி.

நாமாக வகுத்துக்கொள்ளும் அலகு முறையில் (arbitrary units) அளக்கலாம்,

அளவைச் சுட்டு முகப்புகளுடன்கூடிய கருவியின் மேல்பாகம் படம் 23. 13-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக் கருவியைப் பயன் படுத்தும் முறையைக் காண்போம். காமிராவில் பயன்படுத்தப் படும் படச்சுருளின் தன்மைக்குத் தக்கவாறு, கருவியின் இடப் பக்கத்திலுள்ள முள்ளைத் திருப்பி வைத்துக்கொள்ளவேண்டும். பின்னர்ப் படம் பிடிக்கவேண்டிய காட்சியை நோக்கிக் கருவியைத் திருப்பி, 'ஒளி' அளவுகோலில் உள்ள அளவைக் குறித்துக் கொள்ளவேண்டும். அந்த அளவுகோலுக்கு மேலுள்ள வட்டத்தின் வெளிச்சுற்றில் இருக்கும் அளவுகோலில், அந்த 'ஒளி' அளவுக்குச் சமமாக முள்ளைத் திருப்பி வைக்கவேண்டும். முள்ளோடு திரை வேக முகப்பிலும், f-மதிப்பு முகப்பிலும் ஒன்றும் புள்ளிகள், குறிப்பிட்ட லென்ஸ் திறப்பிற்கான ஒளிபடர் நேரத்தைத் தருகிறது.

நிழற்படங்களைப் பெரிதாக்குவது (enlargement) போன்ற, குறைந்த ஒளி விளக்கங்களை அளக்கவேண்டிய துறைகளில், ஒளிக் குழாய்கள் அடங்கிய மின்சுற்றுகளைப் பயன்படுத்துவது நல்லது. படம் 23. 14-ல் காட்டப்பட்டுள்ள எளிய மின்சுற்றில் ஓர் ஒளிக்குழாயுடன், இரண்டு நோக்கங்களை நிறைவு செய்யும் ஒரு வெற்றிடக் குழாயும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய மின்சுற்றுள்ள கருவி, நுண் உணர்திறனுடைய ஒளிபடர் நேர அளவுமானியாக இருக்கிறது.



படம் 23. 14
ஒளிபடர் அளவுமானி மின்சுற்று.

வெற்றிடக் குழாயின் நேர் மின்சுற்றில் இணைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு காதொலியத்தில் (head phone) ஒரு நிமிடத்தில் கேட்கும்

'கிளிக்' ஒலிகளைக்கொண்டு ஒளி விளக்கங்கள அளக்கப்படுகின்றன. இந்த மின்சுற்றில் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள மின்தேக்கி 25 மைக்ரோ பேராடாக இருந்தால், 0.001 அடிக் கான்டில் அளவுள்ள ஒளிவிளக்கம் ஒரு நிமிடத்திற்கு ஏறத்தாழ 40 'கிளிக்' ஒலிகளை உண்டாக்கும். இக் கருவி, முழு இருளில் வைக்கப்பட்டால், ஒரு நிமிடத்துக்கு இரண்டு 'கிளிக்' ஒலிகளே கேட்கும்.

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள மின்சுற்று செயல்படும் முறையைக் காண்போம். 1 D 8 GT குழாயின் டிரயோடு பாகத்தின் (T_1) கிரிட், வெட்டு மின்னழுத்தத்திற்கும் குறைவாக இருக்கிறது என்று வைத்துக்கொள்வோம். இந் நிலையில் ஒளி மின்னோட்டம் இல்லாமல் இருக்குமானால், வெற்றிடக் குழாயின் பென்டோடு பாகம் (T_2) தானாக ஒரு சமநிலையை அடைகிறது. இந் நிலையில் பென்டோடு குழாயின் நேர்மின்வாயின் மின்னழுத்தம், அதன் எதிர்மின்னழுத்தத்தைவிடச் சிறிது கூடுதலாக இருக்கிறது. ஒளிமின்சாரம் பாயத் துவங்கினால் அது மின்தேக்கி C - யில் மின்சாரத்தைத் தேக்குகிறது. இப்படித் தேக்கப்படும் மின்சாரம் T_1 குழாயின் கிரிட்டின் எதிர்மின்னழுத்தத்தைக் குறைக்கிறது. இதன் T_1 குழாயின் நேர்மின்வாய் (plate) வழியாக மின்சாரம் பாயத் தொடங்குகிறது.

இந்த மின்சாரம் Rc மின்தடையின் இடையிலுள்ள மின்னழுத்த வீழ்ச்சியை அதிகப்படுத்துகிறது. இந்த மின்னழுத்த வீழ்ச்சி T_2 குழாயின் நேர்மின்வாய் வழியாகப் பாயும் மின்சாரத்தைத் தடுக்கிறது. T_2 குழாயின் வழியாக மின்னோட்டம் தடுக்கப்படுவதால், T_1 குழாயின் கிரிட் மின்னழுத்தம் நேர் மின்னழுத்தமாகிறது. இதனால் மின்தேக்கியில் தேக்கப்பட்ட மின்சாரத்தை அஃது உமிழ்ந்துவிடுகிறது. இதனால் T_1 குழாயின் வழியாகப் பாயும் மின்சாரம் குறைகிறது; எனவே Rc மின்தடையின் இடையிலுள்ள மின்னழுத்த வீழ்ச்சியும் குறைகிறது. திரும்பவும் T_2 குழாய் வழியாக மின்சாரம் பாயத் துவங்குகிறது.

காதொலியத்தின் மூலம் பாயும் மின்சாரம் மிக வேகமாக இருமுறை திருப்பப்படுவதால், 'கிளிக்' ஒலி கேட்கத்தக்க ஒலியோடு உண்டாகிறது. அடுத்தடுத்த 'கிளிக்' ஒலிக்கு இடைப்பட்ட காலத்தில் ஒளிமின்சாரம் திரும்பவும் மின்தேக்கியில் மின்சாரத்தைத் தேக்குகிறது. இரண்டு 'கிளிக்' ஒலிக்கு இடைப்பட்ட கால அளவு மின்தேக்கியின் அளவைப் பொறுத்தது.

வண்ணப்பட அச்சு எடுக்கும் முறை

அமெரிக்காவில் உள்ள ஒரு பெரிய வணிக நிறுவனம், வண்ணப்பட அச்செடுப்புத் துறையில் (colour printing)

ஒளிர்பட நேரக் கட்டுப்பாட்டை விரிவான முறையில் கையாள் கிறது. ஒரு நாளைக்கு 20,000 வண்ணப் படங்களுக்கு மேல் அச்சிடப்படும் இந் நிறுவனத்தில், குறிப்பாக நான்கு நிலைகளில் ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. வண்ண அச்சுப் பொருள்களின் விரிவெல்லை குறுகலாக இருப்பதாலும், நிறங் களின் தரத்தை மாற்றமுடியாததாலும் மிக எச்சரிக்கையான கட்டுப்பாடுகள் இன்றியமையாதவையாகின்றன.

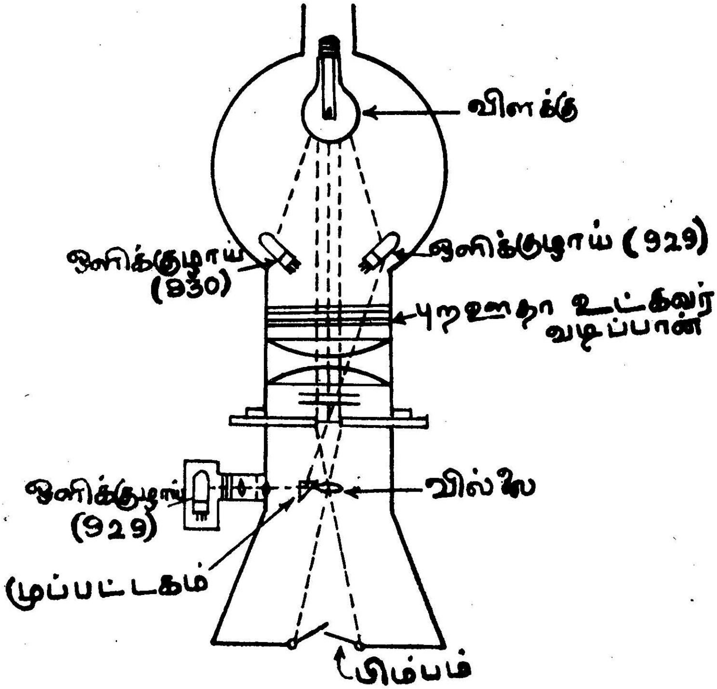
ஐந்து அங்குல அகலமுள்ள வண்ண அச்சுப் பொருள்கள், 250 அடி நீள உருளைகளாகத் திரவங்கள் உள்ள தொட்டிகள் வழியாகவும், பெரிதாக்கும் கருவிகள் வழியாகவும் கொண்டு செல்லப்படுகின்றன. முதலாவதாக, நெகட்டிவின் ஒளி புகு தன்மையுடைய ஒவ்வொரு பாகமும் சோதனை செய்யப்படுகிறது. நெகட்டிவின் குறிப்பிடத்தக்க பாகங்களின் ஒளி கடத்தலுக்கும், சராசரி ஒளி கடத்தும் தன்மைக்கும் உள்ள விகிதம் கணக்கிடப் பட்டு, அதற்கு இசைவான குறியீட்டு எண்களும் தரப்படுகின்றன.

மேற்சொன்ன செயல்முறை இரண்டு ஒளிக்குழாய்களின் உதவியால் நிறைவேற்றப்படுகிறது. ஓர் ஒளிக்குழாய் நிலையான இடத்தில் வைக்கப்பட்டு நெகட்டிவினுல் கடத்தப்படும் மொத்த ஒளியில் ஒரு பாகத்தைப் பெறுகிறது. இங்கும் அங்கும் நகரத் தக்க மற்றோர் ஒளிக்குழாய் பிம்பத்தின் குறிப்பிடத்தக்க பகுதியி லிருந்து வரும் ஒளியை மாத்திரம் பெறுகிறது. இந்த இரு ஒளிக் குழாய்களிலிருந்தும் வெளிப்படும் இரு ஒளிமின்னேட்டங்களுக்கு முள்ள விகிதத்தை ஓர் அளவுமானி காட்டுகிறது.

குறியீட்டுச் சைகைகள் பெரிதாக்கும் கருவியினுள் (படம் 23. 15) திணிக்கப்படுகின்றன. இந்தக் குறியீட்டுச் சைகைகள் ஒரு மின்தேக்கியின் தொடக்க மின்னழுத்தத்தை அமைக்கப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஒளிபுகு தன்மை வாய்ந்த பகுதி வழியாக வரும் ஒளியை ஓர் ஒளிக்குழாய் பெறுகிறது. இதனுல் வெளிப்படும் ஒளிமின்னேட்டம் மின்தேக்கியை மின் உமிழச் செய்கிறது. ஒரு திரையை (shutter) விலக்குவதன் மூலம், மின்னுமிழ்தல் தொடங்கப்படுகிறது. திரும்பவும் திரை மூடப் படுகிறது. மின்தேக்கியின் மின்னழுத்தம் குறிப்பிட்ட அளவுக்குக் கீழே குறைந்ததும் ஒரு தைரட்ரான் அஞ்சல் (thyratron relay) மின்சுற்று வண்ண அச்சுப் பொருள்களை முன் நோக்கி நகரச் செய்கிறது.

மேலும், சிவப்பு - உணர்வுடைய மற்றும் நீல - உணர்வுடைய ஒளிக்குழாய்களைக்கொண்டு ஒளி மூலத்தின் நிறவெப்பம் கட்டுப்

படுத்தப்படுகிறது. சிவப்பு உணர்வுடைய ஒளிக்குழாயின் ஒளி மின்னோட்டம் சிறிதளவு குறைந்தாலும், அது ஒரு தைரட்ரான்



படம் 23. 15
வண்ணப்பட அச்சைப் பெரிதாக்கும் கருவி.

அஞ்சல் மின்சுற்றை இயக்கி ஒரு மோட்டாரை ஓடச் செய்து, ஒளி மூல விளக்கு மின்சுற்றிலுள்ள மின்தடையைக் குறையச் செய்கிறது. அதேபோல, நீல உணர்வுடைய ஒளிக்குழாயின் ஒளிமின்னோட்டம் அதிகரித்தால், மின்தடை அதிகமாக்கப் படுகிறது. இச் செயலால் நிறவெப்பம் கட்டுப்படுத்தப்படுகிறது.

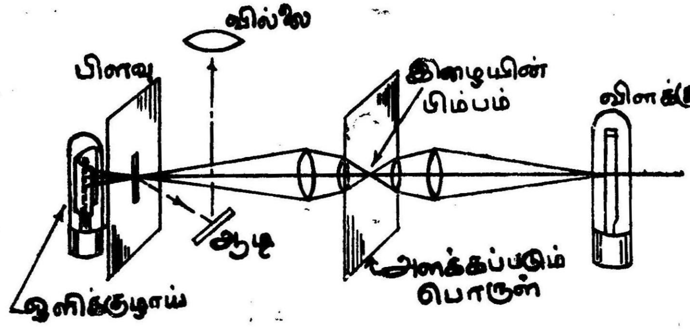
நிறமாலை ஒளி அளவியல்

நிறமாலை ஒளி அளவியலில் (spectro photometry) ஒளிக் குழாய்கள் - குறிப்பாக ஒளி மின் பெருக்கிகள் - மிகுந்த சிறப்பிடம் பெற்றுள்ளன. வழக்கமாக, நிழற்படத் தாள்களில் நிறமாலை பதிவு செய்யப்பட்டுப் பின்னர் ஆராயப்படுகிறது. இத்தகைய நிழற்படப் பதிவுகளிலும் ஒளிக்குழாய்கள் ஒளிபடர்தலைக் (exposure) கட்டுப்படுத்த உதவுகிறது. வில் விளக்கு, பொறி

விளக்குப் போன்ற ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளிக்கற்றையின் ஒரு பாகத்தை, ஒரு சுழலும் ஆடி பிரதிபலித்து ஒளிக்குழாயை அடையும்படி செய்து ஒளிபடர்தலைக் கட்டுப்படுத்தலாம்.

ஒளி மின்னோட்டம், ஒரு மின் தேக்கியில் ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்த வரம்புவரை மின்சாரத்தைத் தேக்கி ஓர் அஞ்சல் மின்சுற்றை ஊக்கி ஒளி மூலத்திற்குக் கிடைக்கும் மின்னோட்டத்தில் குறுக்கிட்டு, ஒளிமூலத்தின் ஒளியைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. வழக்கமான வில், பொறி விளக்குகள் ஒரு நிலையான ஒளியைத் தொடர்ந்து தரத்தக்கவை அல்ல. எனவே, மேற்சொன்ன ஒளிமின் முறை, ஒளி படர்தலைக் கட்டுப்படுத்தி, நம்பக்கூடிய, தகுந்த அடர்வுள்ள நிறமாலைப் பதிவுகளைப் பெற உதவுகிறது.

நிழற்படங்களாகப் பதிவு செய்யப்பட்ட நிறமாலைகள், ஒளிக் குழாய்கள் பொருத்தப்பட்ட மைக்ரோ - ஒளி அளவுமானிகளைக் (micro photometer) கொண்டு ஆராயப்படுகின்றன. அத்தகைய ஒரு கருவியின் அமைப்பு, படம் 23. 16 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. டங்க்ஸ்டன் விளக்கின் நேரான மின்னிழையின் பிம்பம் கவனமாகச் சீராக்கப்பட்டு, நுண்ணோக்கிப் பொருளருகு வில்லையினால் நிறமாலை பதிவு செய்யப்பட்ட தட்டில் விழச் செய்யப்படுகிறது.



படம் 23. 16

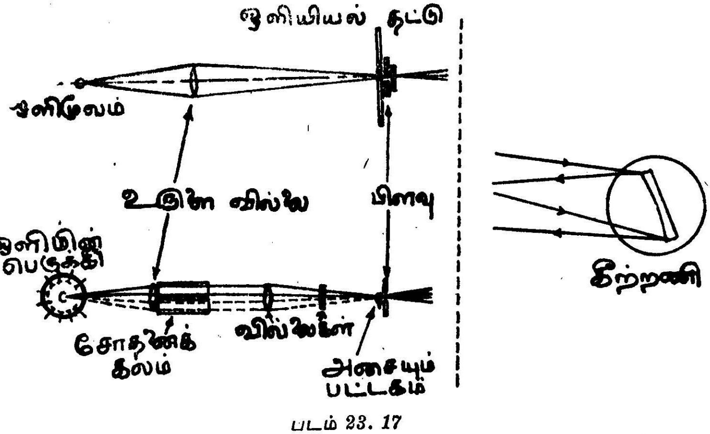
மைக்ரோ - ஒளி அளவுமானியின் ஒளியியல் முறை.

மற்றொரு நுண்ணோக்கிப் பொருளருகு வில்லை நிறமாலைத் தட்டினால் கடத்தப்பட்ட மின்னிழைப் பிம்பத்தை, பிளவின் மூலமாக ஒளிக்குழாயின் எதிர் மின்வாயில் விழச்செய்கிறது. வெளிப்படும் ஒளி மின்னோட்டத்திலிருந்து, நிறமாலைத் தட்டின் அடர்த்தியைக் கணக்கிடலாம்.

நிறமாலைகளை நிழற்படம் எடுக்காமல் நேரடியாகவே ஒளிக் குழாய்களைக் கொண்டு அளக்கலாம். இத்தகைய செயல்முறையில், ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய்கள், நிழற்படப் பதிவுகளுக்குச் சமமான உணர்திறனும், பிரிதிறனும் (resolution) கொண்டவையாக விளங்குகின்றன. மேலும் ஒளிமின் பெருக்கிகளை நேரடியாகப் பயன்படுத்துவதால், கால தாமதத்தையும், உணர்வு மாறுபாடுகளால் வரும் தொல்லைகளையும், நிழற்படத் தட்டுகளை உருவிளக்கப்படுத்தும் தொல்லைகளையும் தவிர்க்க முடிகிறது.

931 A ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய் 6000-லிருந்து 3000 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகுகள் வரையிலும் 1P 28 ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய் 3000-லிருந்து 2000 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகுகள் வரையிலும் நல்ல முடிவுகளைத் தருகின்றன. ரேங்க், பிஸ்டர், கோலமன், (Rank, Pfister & Coleman) ஆகியோரின் ஆய்வுகளின்படி இரண்டு மணி நேரத்திற்குள் படமெடுக்கக் கூடிய எந்த நிறமாலைக் கோட்டையும், ஒளிமின் பெருக்கிகளைக்கொண்டு நேரடியாக அளக்கலாம்.

உட்கவர்தல் அளவீடுகளுக்காக, மிக வேகமாகப் பதிவு செய்யும் நிறமாலை ஒளி அளவியல் கருவி யொன்றை ஹாரிசன்,



படம் 23. 17

உட்கவர்தல் அளவீடுகளுக்கான நிறமாலை ஒளி அளவியல் மானி.

பென்ட்லி ஆகிய இரு அறிவியல் அறிஞர்கள் உருவாக்கியுள்ளனர். ஒரு 10 அடிக் கீற்றணியும் (grating), ஓர் ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாயும் பயன்படுத்தப்பட்டுள்ள இக் கருவி, 70 வினாடி நேரத்தில் 9800-லிருந்து 3000 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகுகள் வரையுள்ள நிறப் பட்டையை ஆராய உதவுகிறது. நீள் பிளவினால் தேர்ந்தெடுக்கப்

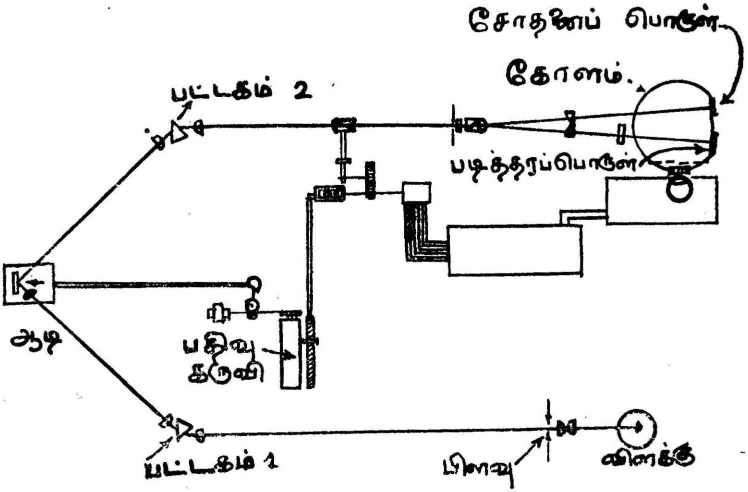
படும் நிறப்பட்டையின் அகலம் 0·5 - லிருந்து 10 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகு ஆகும். இக் கருவியில் விளக்கும், நுழைவாயில் பிளவும், வெளிவாயில் பிளவும், அளக்கும் ஒளிக்குழாயும் நிலையாகப் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. (படம் 23. 17). வெளிவாயில் நீள் பிளவினூல் தேர்ந்தெடுக்கப்படும் நிறமாலைப் பகுதி எப்போதும் கூர்மையான குவியமாக இருக்குமாறு, கீற்றணி பொருத்தப் பட்டுள்ள மேசை ஒரு தகுந்த இயந்திர அமைப்பினூல் சுற்றிக் கொண்டே நகர்த்தப்படுகிறது.

சோதனைப் பொருளின் உட்கவர் தன்மை ஓர் ஒப்பு நோக்கு முறையினூல் அளக்கப்படுகிறது. ஓர் அலையும் இரட்டை முப்பட்டகம் (oscillating bi prism) வெளிவாயில் நீள் பிளவிலிருந்து வரும் ஒளியை, சோதனைப் பொருள் வைக்கப்பட்டுள்ள கலத்தின் மீதும், ஒப்புநோக்குகலத்தின்மீதும் மாறிமாறி விழச் செய்கிறது. அலையும் இரட்டை முப்பட்டகம் முதல்நிலையில் இருக்கும்போது ஒளி, சோதனைப் பொருளின் வாயிலாகச் சென்று ஒளிக் குழாயின்மீது படுவதால் உண்டாகும் ஒளி மின்னோட்டம், ஒரு மின்தேக்கியில் மின்னோட்டத்தைத் தேக்குகிறது.

இரட்டை முப்பட்டகம் நகர்ந்து ஒளியை ஒப்புநோக்குகலத்தின்மீது விழச்செய்யும்போது, நுழைவாயில் பிளவின் அருகிலுள்ள சுழலும் ஒளிஅளவியல் வட்டச் சில்லு (photometric disc) ஒளிக்கற்றையை மிக நுண்ணியகால அளவிற்குத் தடுக்கிறது. பின்னர் அஃது அதிகமான ஒளியைக் கடத்துகிறது. அதே நேரத்தில் ஒளிமின்னோட்டம் மின்தேக்கியை மின் உமிழச் செய்யும் வகையில் ஒளிக் குழாயின் மின் இணைப்புகள் இணைக்கப் படுகின்றன. மின்தேக்கியின் மின் உமிழ்வு முடிவடைந்ததும் ஒரு பொறிச்சுற்று உந்தப்பட்டுப் பதிவு செய்யும் காகிதத்தில் தகுந்த அளவுக்குத் தொலையிடுகிறது.

ஒரு சிறந்த, அடக்கமான, முப்பட்டகங்கள் அடங்கிய, நிறமாலை ஒளி அளவியல் மானியை ஹார்டி என்பவர் செய்துள்ளார். இதன் பொதுவான அமைப்பு, படம் 23. 18 - ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. இதில் இரண்டு 60° முப்பட்டகங்கள் இருக்கின்றன. ஒரு நேர்க்கோட்டில் நகரும் தன்மை வாய்ந்த, இடைநிலை நீள்பிளவு, ஒளி அலை நீளங்களைத் தேர்ந்தெடுக்கிறது. இந்த இடைநிலை நீள்பிளவு ஓர் ஆடியையும், பிளவின் ஒரு தாடையையும் கொண்டு அமைக்கப்பட்டிருக்கிறது. மூன்றாவது பிளவிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி ஒரு ரோச்சன் (rochon) முப்பட்டகத்தினூல் தள முனையாக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு தளமுனையாக்கப் பட்ட ஒளிக்கற்றை, ஒரு வோலஸ்டன் (wolloston) முப்பட்டகத்

தின் வழியாகச் செலுத்தப்பட்டு, ஒன்றுக்கொன்று செங்கோண மாக உள்ள இரண்டு தளங்களில் தள முனையாக்கப்பட்ட இரு



படம் 23. 18
ஹார்டி செய்த நிறமாலை ஒளி அளவியல் மானி.

ஒளிக்கற்றைகளாக்கப் படுகின்றன. இந்த இரண்டு ஒளிக்கற்றை களுக்கும் உள்ள ஒப்பு ஒளிச்செறிவு (relative intensity) நிலை யாக உள்ள வோலஸ்டன் முப்பட்டகத்திற்கும் முதல் ரோச்சன் முப்பட்டகத்திற்கும் இடையேயுள்ள கோண நிலையினால் நிர்ண யிக்கப்படுகிறது.

வோலஸ்டன் முப்பட்டகத்தின் மூலம் வெளிப்படும் இரு ஒளிக்கற்றைகளும் இரண்டாவது ரோச்சன் முப்பட்டகத்தின் வழியாகச் செலுத்தப்படுகின்றன. இந்த இரு ஒளிக்கற்றை களையும் ஒன்று மாற்றி ஒன்றாக ஒரு வினாடியில் 60 முறை தடுக்கும் வகையில் இரண்டாவது ரோச்சன் முப்பட்டகம் சுற்றப் படுகிறது. இவ்வாறாக வரும் ஒளிக்கற்றைகள் ஒரு பிரிக்கும் வில்லையால் மேலும் பிரிக்கப்பட்டு ஒரு கோளத்தினுள் செல் கின்றன.

சோதனைப் பொருளினால் பிரதிபலிக்கப்பட்ட ஒளியின் நிற மாலைப் பரப்பீட்டை, நிறப் பகுப்பாய்வுக் கருவியினால் கண்டு பிடிக்க, கோளத்தினுள் செல்லும் ஓர் ஒளிக்கற்றை சோதனைப் பொருளின்மீது படச்செய்யப்படுகிறது. மற்றோர் ஒளிக்கற்றை

படித்தர விரிவு பரப்பின் (standard diffusing surface) மீது விழச்செய்யப்படுகிறது. சோதனைப் பொருளினால் கடத்தப்படும் ஒளியின் தன்மையை ஆராய, சோதனைப்பொருள் ஓர் ஒளிக்கற்றையின் பாதையில் வைக்கப்பட வேண்டும்; இரண்டு ஒளிக் கற்றைகளும் ஒரே மாதிரியான விரிவு பரப்பின்மீது விழச் செய்யப்படுகிறது.

ஒளிக்குழாய், கோளத்திலுள்ள ஓபல் கண்ணாடிச் (opal glass) சன்னலுக்குப் பின்னால் வைக்கப்பட்டிருக்கிறது. ஓபல் கண்ணாடிச் சன்னலின்மீது விழும் இரண்டு ஒளிக் கற்றைகளின் ஒளிச் செறிவும் சமமாக இல்லாவிட்டால், ஒளிக்குழாயிலிருந்து வரும் ஒளிமின்னோட்டத்தில் மாறுதிசை மின்னோட்டப் பகுதி (alternating component) இருக்கும். இது பெருக்கியினால் பெருக்கப்பட்டு ஒரு மோட்டாரை ஊக்கி அதனுடன் இணைக்கப்பட்டுள்ள பதிவுப் பேனாவை இயக்குகிறது.

இத்தகைய கருவிகள் நிற வெப்பங்களை அளத்தல், வேதியியல் ஆராய்ச்சிகள், உட்கவர்தல் நிறமாலை அளவியல் போன்ற துறைகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இக் கருவியின் உடனடியான ஒப்பு நோக்கு தன்மையினால் ஒளிக்குழாய்களின் உணர்திறன் வேறுபாடு, சோர்வுறு தன்மை முதலியவற்றால் உண்டாகும் தவறுகள் தவிர்க்கப்படுகின்றன.

இந் நிறமாலை அளவுமானியில் சில மாற்றங்களைச் செய்து, எதிர்மின்வாயாகப் பயன்படும் பொருள்களின் தன்னொளிர் தன்மையினால் வரும் ஒளியின் நிறமாலைப் பரவீட்டுத் தன்மையை ஆராயலாம். பிளைமேல் (Plymale) என்பவர் துணி போன்ற சோதனைப் பொருள்களின் ஒளிர் தன்மையினால் உண்டாகும் நிறமாலைப் பரவீட்டை ஆராய்ந்தார். இதற்கு அதிக அழுத்தப் பாதரச வில் விளக்கிலிருந்து வரும் புற ஊதாக் கதிர்களை கிளர்ச்சிக் கதிர்களாகவும், சிவப்பு - பச்சை - நீல உணர் ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாயைக் கண்டுணர் கருவியாகவும் பயன் படுத்தினர்.

ஒளிக் குழாய்களால் மற்றுமொரு பெரும் பயனும் உள்ளது. மிக மிகக் குறுகிய இடைவெளிக் காலத்தில் ஏற்படும் நிறமாலைக் கோடுகளின் செறிவு மாற்றங்களை ஆராயும் பணியை ஒளிக் குழாய்கள் எளிதாக்கியிருக்கின்றன. டிக் (Dick) என்பவர் 21 அடிக் கீற்றணியையும் 1P28 ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாயையும் கொண்டு வில், பொறி விளக்குகளின் நிறமாலைக் கோடுகளின் ஒளிச்செறிவு மாற்றங்களை ஆராய்ந்தார். மைக்ரோ வினாடியில்

ஒரு பாகமே நீடிக்கவல்ல ஒளிச்செறிவு மாற்றங்களை எளிதில் கண்டறிய முடிந்தது.

புற ஊதாப் பகுதி ஆய்வுக்கெனப் பல ஒளிமின் நிறமாலை ஒளி அளவியல் மானிகள் சிறப்பாக உண்டாக்கப்பட்டுள்ளன. டிராப்கின்ஸ் (Drabkins) என்பாரின் உட்கவர்தல் நிறமாலை ஒளி அளவியல்மானி வாயு அடைக்கப்பட்ட சீசியம் ஒளிக்குழாயைக் கொண்டிருக்கிறது. லிட்டில் (Little) என்பவர் 1230 - லிருந்து 2200 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகு வரையுள்ள புற ஊதாப் பட்டையை ஆராய, பிளாட்டினம் ஒளி எதிர்மின்வாய் உடைய ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்படுத்தினர்.

நிறமாலை - வேதியியல் பகுப்பாய்வு

நிறமாலை வேதியியல் பகுப்பாய்விற்கு (spectro - chemical analysis) முன்னைய பகுதியில் விவரிக்கப்பட்ட நிறமாலை ஒளி அளவியல் மானிகளில் ஏதாவது ஒன்றைப் பயன்படுத்தலாம். நிறமாலை வேதியியல் பகுப்பாய்வுத் துறையில் ஒளிமின் முறைகள் மிகச் சிறந்த பயன்தரத் தக்கனவாய் இருக்கின்றன. ஏனெனில், இத்தகைய பகுப்பாய்வுகளில் ஆய்வுக்கு எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம் மிகச் சிறப்பான பங்கை வகிக்கிறது. ஒளிமின் அளவு மானிகள் ஆய்வு நேரத்தைக் கணிசமான அளவு குறைக்கின்றன.

எடுத்துக்காட்டாக, கலவை உலோகவியலில் (alloy mettalurgy) கலக்கப்படவேண்டிய உலோக உருக்கு மேலும் ஊற்றப்படவேண்டுமா அல்லது போதுமா என்பதைப் பகுப்பாய்வாளரின் முடிவுகளைக்கொண்டு உடனுக்குடன் தீர்மானிக்க வேண்டியிருக்கிறது. மேலும், தொழிற்சாலைகளில் பதப்படுத்தப்படும் பொருள்களின் தன்மை உடனுக்குடன் தெரிந்தால் தொடர்ச்சியாகச் சிறந்த முறையில் செயல்படலாம். ஹேஸ்லர், டைடர்ட் (Hasler and Dietert) என்பவர்கள் வெளிவிடு நிறமாலைப் பகுப்பாய்வுகளில், நிழற்பட முறைகளிலிருந்து ஒளிமின் முறைகளுக்கு மாற்றுவதால் நேரத்தை நான்கில் ஒரு பாகமாகக் குறைத்துவிடலாம் எனக் கண்டுபிடித்துள்ளார்கள்.

ஒரு மாதத்தில் ஏறக்குறைய நாலாயிரம் சோதனைப் பொருள்களை ஆராய்ந்து முடிவுகளைத் தரவல்ல நிறமாலை வேதியியல் பகுப்பாய்வுக் கருவியை டௌ இரசாயனத் தொழிற்சாலை (Dow Chemical Company) வைத்துள்ளது. இக் கருவி துல்லியமாக ஆராய்வதுடன் மிக அதிக அளவு தானியங்கித் தன்மை வாய்ந்ததாகவும், முடிவுகளை நேரடியாகத் தரத்தக்கதாகவும் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

இக் கருவியில் இரண்டு மீட்டர் கீற்றணியுடைய ஒரு நிறமாலை வரைவியையும் பதினொரு ஒளிமின் பெருக்கிகளையும் அவர்கள் பயன்படுத்தியுள்ளார்கள். இக் கருவியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள ஒளிக்குழாய்கள், உலோகக் கலவையில் கலந்துள்ள தனிமங்களில், ஒரு தனிமத்திலிருந்து வரும் ஒளியின் நிறமாலையில் ஒரு கோட்டிலிருந்தோ அல்லது பல கோடுகளிலிருந்தோ வரும் ஒளியைப் பெறத்தக்க வகையில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. இக் கருவியில், மெக்னீசியம் ஒருபடித்தரப் பொருளாகப் பயன்படுத்தப் படுவதால் நிறமாலைக் கோடுகளின் ஒளிச் செறிவுகள் மெக்னீசிய நிறக்கோட்டின் ஒளிச்செறிவுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கப்படுகிறது.

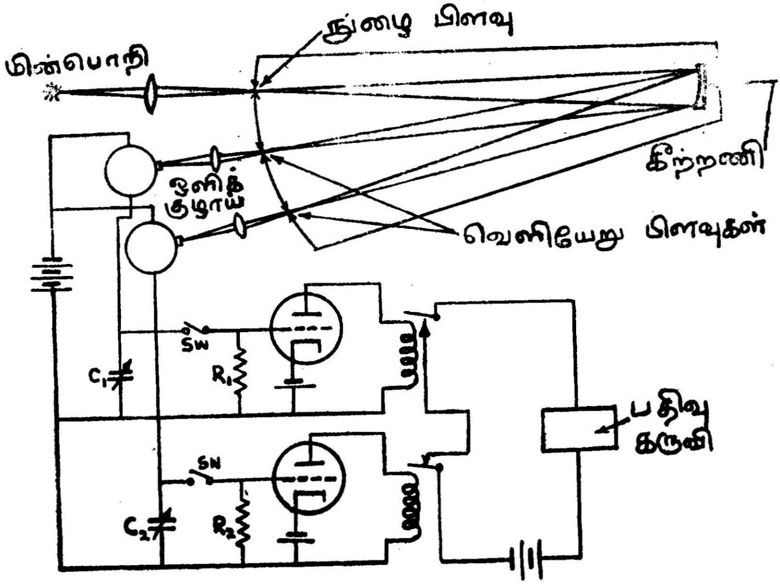
நிறமாலைக் கோடுகளின் இடத்தைக் குறிக்கும் பல நீள் பிளவுகளின் பிம்பங்கள் தேய்த்த கண்ணாடிமீதோ அல்லது தேய்த்த குவார்ட்ஸ்மீதோ விழுகிறது. இக் கண்ணாடிகள் ஒளிக் குழாய்களின் எதிர்மின்வாய்களுக்கு முன்னால் வைக்கப்பட்டுள்ளன. நிறமாலையில் மிக நெருக்கமாக உள்ள கோடுகள் கண்ணாடிகளால் பிரிக்கப்படுகின்றன. நீள் பிளவுகளின் முன்னால் வைக்கப்பட்டுள்ள அடைப்பான்களும், இரட்டை முப்பட்டகங்களும் பின்னணி ஒளிகளினால் உண்டாகும் தவறுகளுக்குத் திருத்தங்களைக் கணக்கிட உதவுகிறது.

அளக்கும் முறை படம் 23. 19-ல் தெளிவாகக் காட்டப்பட்டுள்ளது. சோதனைப் பொருள் மின்வாய்களின் இடையில் இருபது வினாடி நேரத்திற்கு மின்பொறி உண்டாகிறது. இச் சமயம் ஒவ்வொரு ஒளிமின் பெருக்கியும் ஒரு மின்தேக்கி C-யில் மின்சாரத்தை ஒரு குறிப்பிட்ட மின்னழுத்தம்வரை தேக்குகிறது. இந்த மின்னழுத்த அளவு, மொத்த ஒளிமின்னோட்டத்தையும், C-யின் மின்தேக்கு திறனையும் பொறுத்தது. பின்னர் Sw என்னும் சுவிட்சுகள் மூடப்பட்டு மின்தேக்கியில் உள்ள மின்சாரம் R என்னும் மின் தடையின் வழியாக உமிழப்படுகிறது.

எல்லா மின்சுற்றுகளிலும் உள்ள RC-யின் பெருக்கு தொகை சமமாக இருக்கிறது. சோதனைப் பொருளில் உள்ள மூலகத்தின் பெரும அடர்த்திக்கும் ஒரே மதிப்புடைய மின்னூட்ட மின்னழுத்தம் (charged voltage) இருக்குமாறு மின்தேக்கியின் அளவு மாற்றப்பட்டாலும் RC-யின் பெருக்கு தொகை சமமாகவே இருக்கிறது.

ஏதாவது ஒரு மின்தேக்கியின் மின்னழுத்தம் ஒரு குறிப்பிட்ட அளவிற்கும் கீழ்க் குறைந்துவிட்டால் அஃது ஓர் அஞ்சலை ஊக்கிப் பதிவு செய்யும் நாடாவின்மீது அதற்குரிய எழுதுகோலை அழுத்துகிறது. இவ்வாறு பல்வேறு நேரங்களில் தொடங்கிச் சோதனை நிறமாலைக் கோட்டிற்கு ஒப்பவும், பல்வேறு மூலகங்களுக்கு

ஒப்பவும் பல இணைக்கோடுகள் நாடாவின்மீது பதிவு செய்யப்படுகின்றன. கடைசியில், ஒப்பு நோக்கப்படும் சோதனைப்



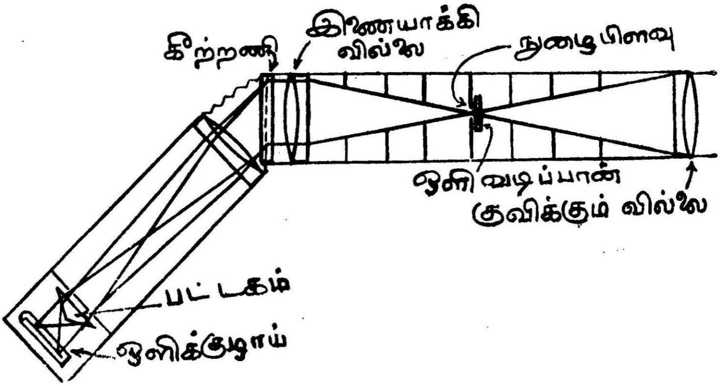
படம் 23. 19
நிறமாலை வேதியியல் பகுப்பாய்வுக் கருவியின் மின்சுற்று.

பொருளுக்குரிய நிறமாலைக் கோட்டினால் மின்சாரம் பெறும் மின்தேக்கியின் மின்னழுத்தம் மேற்சொன்ன குறிப்பிட்ட அளவுக்குக் குறைந்தவுடன், பதிவு செய்யும் எல்லா எழுதுகோல்களும் தூக்கப்படுகின்றன. இவ்வாறு பதிவேடு உண்டாக்கப்படுகிறது.

பதிவு செய்யப்பட்ட கோடுகளின் நீளம், சோதனைப் பொருளில் உள்ள குறிப்பிட்ட மூலகத்தினால் மின்னூட்டம்பெறும் மின்தேக்கியும், ஒப்பு நோக்கு மூலகத்தினால் மின்னூட்டம் பெறும் மின்தேக்கியும் குறிப்பிட்ட அளவு மின்னழுத்தம் பெற இடைப்பட்ட நேரத்தைத் (Δt) தருகிறது. இந்த நேரம் Δt, மின்தேக்கிகளின் தொடக்க மின்னழுத்தங்களுக்கிடையில் உள்ள விகிதத்தின் லாக்கிரதத்திற்கு நேர்விகிதமாக இருக்கிறது. அல்லது தேக்கப்படும் ஒளிமின்னூட்டத்திற்கு நேர்விகித அளவாக இருக்கிறது. மேலும் பதிவு செய்யப்பட்ட கோடுகளின் நீளம், சோதனை உலோகக் கலவையில் உள்ள பல உலோகங்களின் அடர்த்தியின் லாக்கிரத அளவை நேரடியாகத் தருகிறது. செயல் முறையில்,

ஒரு தெரிந்த படித்தர உலோகக் கலவையின் உதவியால், பதிவுக் கோட்டின் நீளத்தையும், மூலகங்களின் அடர்த்தியையும் காட்டும் ஓர் அளவுகோல் அனுபவத்தால் உண்டுபண்ணப்படுகிறது.

கொடுக்கப்பட்ட கன அளவு காற்றில் கலந்துள்ள அல்லது திரவத்தில் கரைந்துள்ள குறிப்பிட்ட பொருள்களின் அளவைக் கண்டுபிடிக்கவும் ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுகின்றன. குறிப்பிட்ட பொருள் காற்றிலோ அல்லது திரவத்திலோ இருக்கிறதா இல்லையா என்பதையும் கண்டறிய உதவுகிறது. அத்தகைய ஒரு கருவியின் அமைப்பு, படம் 23. 20 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. அமெரிக்க வானிலை நிலையம் (U.S. Weather Bureau) காற்று மண்டலத்திலுள்ள நீராவியின் அளவை நிர்ணயிக்க இக் கருவியைப் பயன்படுத்துகிறது.



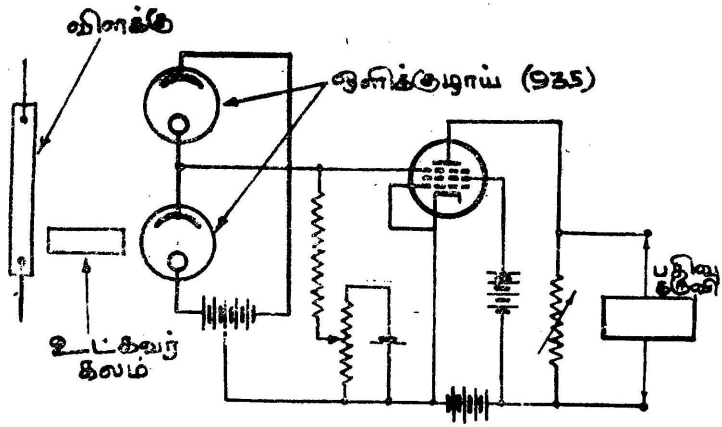
படம் 23. 20
காற்று மண்டலத்திலுள்ள நீராவியின் அளவை அறிய உதவும் கருவி.

காற்றில் கலந்துள்ள நீராவி, அகச் சிவப்புப் பட்டையில் 9340 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகு அலைநீள ஒளியை மிக அதிகமாக உட்கவர்கிறது. ஆனால், 10,130 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலைநீளக் கதிர்களுக்கு ஒளிபுகு தன்மை வாய்ந்ததாக இருக்கிறது. அங்குலத்திற்கு 14,400 கோடுகள்கொண்ட கடத்தும் கீற்றணியால் (Transmission Grating) கதிரவ ஒளி நிறமாலையாகப் பிரிக்கப்படுகிறது. பின்னர் மேற்சொன்ன நிறக்கோட்டை மையமாகக் கொண்ட ஒரு குறுகிய நிறப்பட்டை பிளவுகளால் பிரிக்கப்படுகிறது. இவ்வாறு பிரிக்கப்பட்ட நிறக்கோடுகள் அகச்சிவப்பு உணர் ஒளிக்குழாயின் எதிர்மின்வாயில் மாறிமாறி விழச்செய்யப்படுகிறது. ஒளிக்குழாயினால் வெளியிடப்படும் ஒளிமின்னோற்றல்,

ஓர் எதிர் பின்னூட்ட நேர்மின் பெருக்கியினல் (negative feedback direct current amplifier) பெருக்கப்படுகிறது.

ஏதாவது ஒரு பிளவு ஒரு திரையினல் மூடப்பட்டபோது கிடைக்கும் ஒளி மின்னுற்றல்களின் விகிதம், காற்று மண்டலத்தி லுள்ள நீராவியின் உட்கவரும் தன்மையின் அளவைத் தருகிறது. அதிலிருந்து, ஆய்வாளருக்கும் கதிரவனுக்கும் இடையிலுள்ள காற்றுமண்டலத்தின் மொத்த நீராவி அளவைக் கணக்கிடலாம். இக் கருவி ஒரு ஹிலியோஸ்டேட்டின் (Heliostat) உதவியால் எப்போதும் கதிரவனை நோக்கியிருக்குமாறு வைக்கப்படுகிறது.

இதேபோன்ற மற்றொரு கருவி நச்சுத்தன்மை வாய்ந்த வாயுக் களைக் கண்டறியப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இக் கருவியின் அமைப்பைப் படம் 23.21-ல் காணலாம். நச்சு வாயுக்கள் புற ஊதா நிறப்பட்டைப் பகுதியில் உள்ள குறிப்பிட்ட அலைக் கதிர்களை மிக அதிகமாக உட்கவரும். இத் தன்மையைப் பயன் படுத்தி நச்சு வாயு கலந்துள்ளதா இல்லையா என்பது அறியப் படுகிறது.



படம் 23. 21
காற்றில் நச்சுவாயு கலந்துள்ளதா என்பதைக் கண்டறியும் கருவி.

இத்தகைய கருவியில் ஒளிமூலத்திலிருந்து வரும் ஒளி, இரு புற ஊதா உணர் ஒளிக்குழாய்கள்மீது படுமாறு வைக்கப்பட் டிருக்கின்றன. சோதனை செய்யப்பட வேண்டிய காற்று ஓர் உட்கவர் கலத்தில் எடுக்கப்பட்டு, அது கதிர்வீசும் விளக்கிற்கும் ஒளிக்குழாய்க்கும் இடையில் வைக்கப்படுகிறது. இப்போது சோதனைக் காற்று வழியாகச் செல்லும் ஒளியை ஓர் ஒளிக்குழாயும்

நேரடியாக வரும் ஒளியை மற்றோர் ஒளிக்குழாயும் பெறுகின்றன. இவ்விரு ஒளிக்குழாய்களினின்றும் வரும் ஒளிமின்னோட்டங்களில் உள்ள வேறுபாடு ஒரு 2000 மெகா ஓம் உள்ளீடு மின்தடையின் இடையில் மின்னழுத்த வீழ்ச்சியை உண்டாக்குகிறது. இந்த மின்னழுத்த வீழ்ச்சி ஒரு குறைந்த கிரிட் மின்சாரக் குழாயினால் பெருக்கப்பட்டு, பதிவுசெய்யும் கருவிக்கு அளிக்கப்படுகிறது. இப் பதிவிலிருந்து, தேவையான முடிவுகள் பெறப்படுகின்றன.

இதே போன்று, ஒளிமின் கலங்களைப் பயன்படுத்தி, திரவங்களில் கலந்துள்ள தேவையற்ற அல்லது ஊறு விளைவிக்கத் தக்க பொருள்களைக் கண்டறியும் கருவிகளும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன.

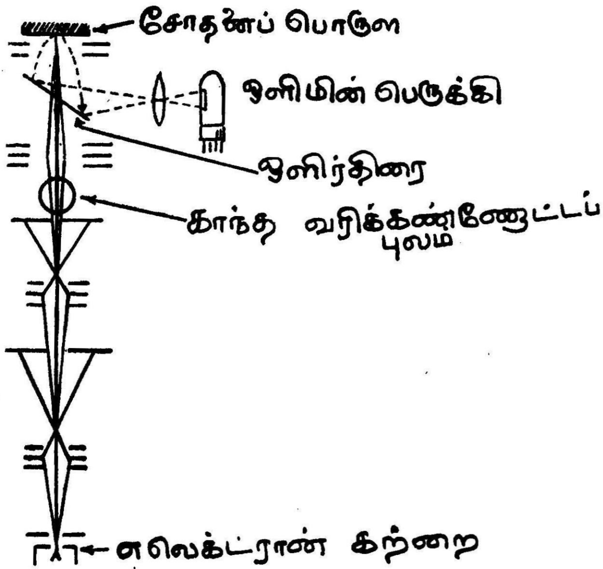
எக்ஸ்-கதிர்களையும் துகள் கதிர்வீச்சையும் அளத்தல்

துகள் கதிர்வீச்சு, எக்ஸ்-கதிர்வீச்சு போன்ற ஆற்றல்வாய்ந்த கதிர்வீச்சுகளையும் ஒளிக்குழாய்களைப்பயன்படுத்தி அளக்கலாம். இத்தகைய அளவியலில், முதலாவதாகக் கதிர்வீச்சு மூலங்களினின்று வெளிப்படும் கதிர்கள் தகுந்த ஒளிரும் திரைகளின் மீது விழச் செய்யப்பட்டு, அவை ஒளியாக மாற்றப்படுகின்றன. இவ்வாறு மாற்றப்பட்ட ஒளி, ஒளிக்குழாய்களைக் கொண்டு எளிதில் அளக்கப்படுகிறது. பிலா, டிரேஃபஸ் (Blau, Dreyfus) என்ற ஆய்வாளர்கள் மேற்சொன்ன முறையில் பொலோனியம் (Polonium) போன்ற பொருள்கள் வெளியிடும் ஆல்பாக் கதிர் வீச்சின் ஆற்றலை அளந்துள்ளார்கள்; இதற்கு ஓர் ஒளிமின் பெருக்கியை அவர்கள் பயன்படுத்தினார்கள்; அதிலிருந்து வெளிப்படும் மின்னோட்டத்தை ஒரு மைக்ரோ அம்மீட்டரால் அளந்தார்கள்.

இத்தகைய கருவிகள் படித்தர ரேடியம் மூலங்களைக் கொண்டு அளவீடு செய்யப்படவேண்டும். ரேடியம் மூலங்கள் ஆல்பாக் கதிர்களை மட்டுமல்லாமல் பீட்டாக் கதிர்களையும் காமாக் கதிர்களையும் வெளியிடுகின்றன. எனவே, ரேடியம் மூலங்களைக் கொண்டு அளவீடு செய்ய, ஆல்பாக் கதிர்களை மட்டும் தடுக்க வல்ல வடிகட்டிகளைப் பயன்படுத்தி ஒளிமின்னோட்டத்தை அளந்தும், வடிகட்டி இல்லாமல் ஒளிமின்னோட்டத்தை அளந்தும், இவ்விரு ஒளிமின்னோட்டங்களுக்கும் இடையிலுள்ள வேறுபாட்டை அளவீடுசெய்யப் பயன்படுத்தவேண்டும்.

ஒளிமின் பெருக்கிகளும், ஒளிரும் திரைகளும் வரிக்கண்ணோட்ட எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் பயன்படுத்தப்படு

கின்றன. இக்கருவியில் (படம் 23. 22) ஒரு மிக நுண்ணிய எலெக்ட்ரான் கதிர் ஒளிபுகா சோதனைப் பொருளின் பரப்பில் ஒரு சிறிய பாகத்தில் குறுக்காகப் படுகிறது. இதனால் பரப்பி லிருந்து வரும் பிந்திய எலெக்ட்ரான்கள் ஓர் ஒளிரும் திரையின் மீது படுகிறது. இதனால் உண்டாகும் ஒளி குவி வில்லையினால் ஒளிமின் பெருக்கியின் எதிர்மின்வாயின்மீது படுகிறது. வெளிப் படும் ஒளி மின்னோட்டத்தால் ஒரு சைகை (signal) பெறப்



படம் 23. 22
எலெக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் ஒளிமின்பெருக்கி.

படுகிறது. இந்தச் சைகை ஓர் உருவ நேர்படி அச்சு இயந்திரத்தின் பதிவு செய்யும் அடர்த்தியைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. பதிவு செய்யும் வேகம் சோதனைப் பொருளின் பரப்பின்மீது விழும் எலெக்ட்ரான் கதிரின் விலக்கத்துடன் இணைக்கப்பட்டுள்ளது. அச்சு இயந்திரம் சோதனைப் பொருளின் பிம்பத்தைப் பதிவு செய்கிறது. இவ்வாறு பதிவு செய்யப்படும் பிம்பத்தின் உருவப் பெருக்கம், எலெக்ட்ரான் கதிரின் விலகு வேகத்திற்கும் பதிவு செய்யும் கருவியின் வேகத்திற்கும் உள்ள விகிதத்தைப் பொறுத்தது.

எக்ஸ் - கதிர்களின் ஒளிச்செறிவை அளப்பதற்கும் ஒளிக் குழாய்களைப் பயன்படுத்தலாம். இதற்கு, ஒளிக்குழாயின் மேற்

பரப்பின் மீதே ஒளிரும் பாஸ்பர் பொருளைப் பூசிவிடுவது மிகவும் வசதியாக இருக்கிறது. சிங்க் சல்ஃபைட், கால்சியம் டங்க்ஸ்டேட் (calcium tungstate) போன்றவற்றை ஒளிரும் பொருள்களாகப் பயன்படுத்தலாம். இவை நீல ஒளி விடுபவை.

931 - A ஒளிக்குழாயின் உச்ச ஒளி உணர்திறன் நீல நிற ஒளிபடும்போதுதான் வெளிப்படுகிறது. மேலும், இத்தகைய பொருள்களின் ஒளிரும் தன்மை நீடிப்பு மிகக் குறைந்ததாக இருக்கிறது. இத்தகைய ஓர் ஒளிக்குழாய், நிலையான மின்னழுத்த மூலத்தைக்கொண்டு செயல்பட்டால், ஒரு குறிப்பிட்ட அலைநீள எக்ஸ் - கதிர்களின் செறிவை, ரான்ஜன்ட் அலகில் நேரடியாக அளக்குமாறு அளவீடு செய்யலாம். ஒளிரும் பொருள் பூசப்பட்ட ஒளிக்குழாய்களை, ஒரு மின்தேக்கியுடன் இணைத்துத் தொகுப்பு அளவுகளை அளக்கப் பயன்படுத்தலாம்.

24. ஒலிப்பதிவில் ஒளிமின்கலங்கள்

ஒரு காலத்தில் திரைப்படங்கள் ஊமைப்படங்களாகவே இருந்தன. அவற்றில் நடிகர்கள் சைகைகள் மூலமே தங்கள் கருத்தை வெளியிட்டார்கள். ஆனால், இன்று அத்தகைய ஊமைப் படங்களை யாரும் பார்க்க விரும்பமாட்டார்கள். இன்று திரைப் படங்கள் அனைத்தும் பேசும் படங்களாகவே இருக்கின்றன. நடிகர்களின் வாயசைவிற்கேற்ப அதே நடிகரின் குரலை நாம் கேட்க முடிகிறது. தொடக்க காலத்தில் ஓர் ஒலிப்பதிவுத் தட்டைச் சுழலச் செய்து, படத்திற்குத் தேவையான ஒலியைக் கொடுத்தனர். இந்த ஒலி, நடிகர்களின் வாயசைவோடு சரியான சமயத்தில் வெளிப்பட வேண்டியிருந்தது. ஆனால், இன்று அத்தகைய தொல்லை ஏதுமில்லாமல், ஒலி வரி (sound tract) படத்திலேயே இணைக்கப்படுகிறது. ஒலி வரியை ஒலியாக மாற்ற ஒளிக் கற்றையும் ஒளி மின்கலமும் தேவைப்படுகின்றன.

உலகெங்கும் பல கோடிக்கணக்கான திரைப்பட அரங்குகள் இருக்கின்றன. திரைப்படம் காண்போரின் தொகையும் எண் ணிறந்ததாகும். எனவே, ஒளிமின் குழாய்கள் பயன்படுத்தப் படும் முக்கியமான துறைகளுள் ஒன்றாகத் திரைப்படத்துறை விளங்குகிறது.

படச் சுருளில் ஒலிப்பதிவு

படச் சுருளில் ஒலிப்பதிவு செய்வதற்கான முயற்சிகள் இரு பதாம் நூற்றாண்டின் தொடக்கத்தில் மேற்கொள்ளப்பட்டன. இதற்காகக் கி.பி. 1901 ஆம் ஆண்டு ரூமர் (Ruhmer) என்பவர் "பேசும் கார்பன் வில்" களைப் (speaking carbon arc) பயன் படுத்தினார். மூன்று ஆண்டுகள் கழித்து, கெரிக் (Gehricke) என்பவர் வாயு உமிழ்வுக் குழாய்களைப் பயன்படுத்தினார். எனி னும், நேர்த்தியாகவும் சிக்கனமாகவும் வாணிக முறையில் ஒலிப்

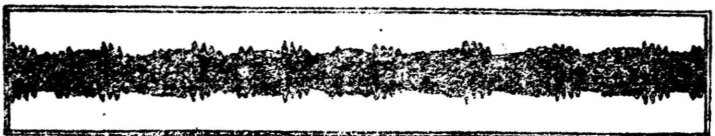
பதிவு செய்வதற்கான முறைகள் நீண்ட நாள் கழித்தே கண்டு பிடிக்கப்பட்டன.

ஒலி வரியைப் படங்களில் பதிவு செய்ய நடைமுறையில் மூன்று வழிகள் உள்ளன : (1) சீரான ஒளி விளக்கு (modulated glow lamp); (2) இயல்நிலை இயக்கமுடைய ஒளி வால்வு (mechanical light valve; (3) அதிர்வடையும் கண்ணடி (vibrating mirror) இந்த மூன்றையும் தவிர, ஒளிக்கற்றைகளை ஒழுங்கு படுத்தும் கெர் கலம் (kerr cell) பயன்படும் மற்ருெரு வழியும் இருக்கிறது. ஆனல், மிக அதிக மின்னழுத்தத் தேவைகளை முன்னிட்டு இது நடைமுறையில் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

படச் சுருளில் ஒலிவரியைப் பதிவு செய்வதில் இரண்டு முறைகள் உள்ளன. அவையாவன : 1. **மாறுபடு - அடர்த்தி வரி** (variable density track); 2. **மாறுபடு - பரப்பு வரி** (variable - area track). மாறுபடு அடர்த்தி வரியில், மைக்ராபோனில் ஏற்படும் ஒலி அழுத்த மாறுதல்கள், அடர்த்தி மாறுதல்களாகப் பதிவு செய்யப்படுகின்றன. மாறுபடு பரப்பு வரியில் ஒலி அழுத்த மாறுதல்கள் நிழற்படத்தின் திறந்த பகுதிகளாக (exposed area) இருக்கும். மாறுபடு அடர்த்தி வரியும் மாறுபடு பரப்பு வரியும் படம் 24. 1 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.



a



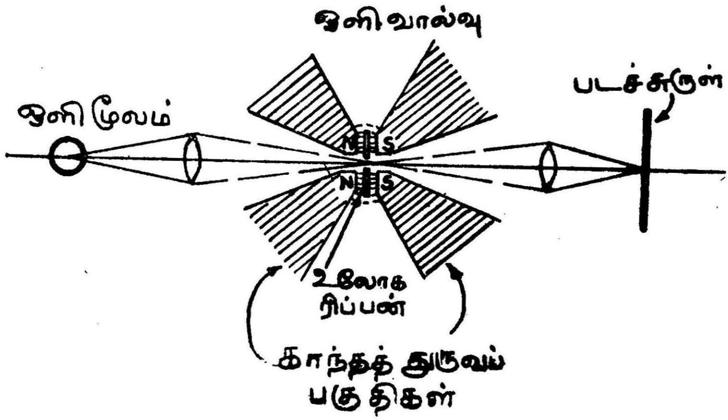
b

படம் 24. 1

(a) மாறுபடு அடர்த்திவரி; (b) மாறுபடு பரப்பு வரி.

மாறுபடு அடர்த்தி வரியைப் பதிவு செய்ய ஒரு வலிமையான காந்தப் புலத்தில் சிறிய இடைவெளியுடைய இரண்டு உலோக ரிப்பன்கள் இருக்கும். (படம் 24. 2). இந்த இடைவெளியில் இருக்கும் பிளவின் வழியே ஒரு முனைப்பான தோற்றுவாயிலிருந்து

ஒளி செலுத்தப்படுகிறது. பெருக்கப்பட்ட மைக்ராபோனின் மின்னேட்டம் இந்த ரிப்பன்களின் வழியே எதிர்த்திசைகளில்



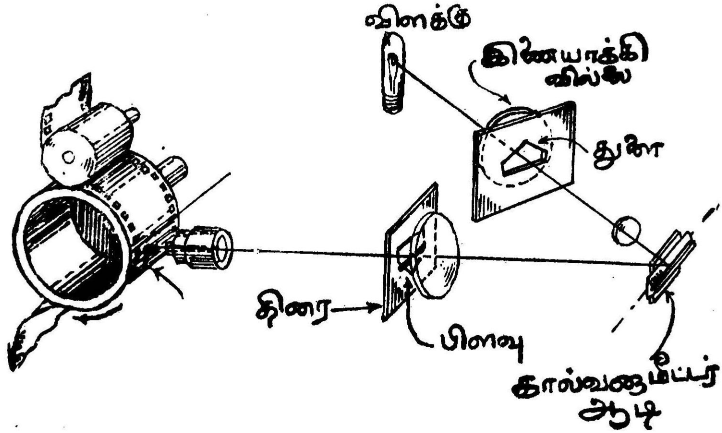
படம் 24. 2
மாறுபடு அடர்த்தி வரி: பதிவு செய்தல்.

செலுத்தப்படும்போது, அவை இடம் பெயர்ந்து அவற்றிற்கிடையே உள்ள பிளவின் அகலம் கூட்டவோ குறைக்கவோ படுகிறது. இதனல் படச்சுருளில் விழும் ஒளியின் தொகையும் மாறுபடுகிறது.

கண்ணுடி மின்னேட்டமானியைக் (mirror galvanometer) கொண்டு மாறுபடு பரப்பு வரியைப் பதிவு செய்யலாம். இம் முறையின் பொதுவான அமைப்பு, படம் 24. 3-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தோற்றுவாயிலிருந்து ஒளி, முக்கோண வடிவுடைய தொளையின் வழியாகக் கால்வனேமீட்டர் கண்ணுடியில் பட்டுப் பிரதிபலித்து, மற்ருெரு பிளவின் வழியாகப் படச் சுருளில் நிழற்படுத்தப் படுகிறது. கால்வனேமீட்டரின் வழியாகச் செல்லும் மைக்ராபோன் மின்னேட்டம் கண்ணுடியைச் சுழலச் செய்கிறது. கண்ணுடி சுழல்வதால், அதிலிருந்து பிரதிபலிக்கும் ஒளி, முக்கோண வடிவுடைய தொளையின் குறுகிய அல்லது அகன்ற பகுதியைப் பிளவுடன் ஒன்றச் செய்கிறது. இதனல் படச் சுருளில் ஒளி படும் இடங்களின் பரப்பும் மாறுபடுகிறது.

ஒளிக்கதிர் ஊடறுத்துச் செல்லும் தொளைகளின் வடிவங்களை மாற்றி யமைப்பதன் மூலம் பல வகைப்பட்ட மாறுபடு பரப்பு வரிகளைப் பதிவுசெய்யலாம்.

சிறந்த ஒலிப்பதிவுக்குப் புற ஊதாக் கதிர்களைப் பயன்படுத்துகிறார்கள். தோற்றுவாயிலிருந்து வெளிப்படும் ஒளியிலிருந்து



படம் 24. 3
மாறுபடு பரப்பு வரி : பதிவு செய்தல்.

வடிகட்டியைப் பயன்படுத்தி, 3400 - லிருந்து 3900 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகுகள் வரையுள்ள குறுகிய நிறமாலையைத் தேர்ந்தெடுத்து, அதனைப் பிளவின் வழியாகச் செலுத்தினால், தேவையான ஒலியை மட்டும் மெல்லிய படலமாகப் பதிவு செய்யலாம்.

ஒலிப்பதிவில் ஒளிமின்கலங்களின் மேற்பார்வை

பதிவு செய்யப்படும் மின்னலைகளின் வீச்சு ஒரு குறிப்பிட்ட நீள எல்லைக்குள் இருந்தால்தான் அதனை மீண்டும் ஒலியாகக் கேட்கமுடியும். குறிப்பாக, மாறுபடு பரப்புப் பதிவில், கால்வனோமீட்டரில் ஏற்படும் திருப்பங்கள் (deflection) திருப்பும் ஒளியின் நீள எல்லைக்குள் பிளவின் நீளம் அமையவேண்டும். பிளவின் நீளம் இதனைவிட அதிகமாக இருக்கக்கூடாது. இதனை உறுதிப்படுத்த, பிளவுக்கும் படச் சுருளுக்கும் இடையிலுள்ள ஒளிப்பாதையில் ஒரு கண்ணாடி வைக்கப்படுகிறது. இந்தக் கண்ணாடி, தன்மீது விழும் ஒளியில் ஒரு பகுதியைத் தகுந்த ஒளியியல் முறையின் மூலம், ஒரு குறிகாட்டி அட்டையில் விழச்செய்கிறது. இங்கே அதிகபட்சமாகத் திருப்பக்கூடிய வீச்சின் இரு எல்லைகளும் பெரிதுபடுத்தப்பட்ட அளவுகோலில் இரு குறிகளாகக் காட்டப்பட்டிருக்கும். பதிவு செய்பவர், குறிகாட்டி அட்டையில் காட்டப்பட்டிருக்கும் இரு குறிகளுக்கும் மேலாகப் போகாத

வண்ணம், மைக்ராபோன் மின்னேட்ட வீச்சைக் கட்டுப்படுத்த இஃது உதவும்.

மாறுபடு அடர்த்திப் பதிவில், இறுதியாகப் பதிவு செய்யப் படும் ஒலி வரிக்கும், மைக்ராபோன் மின்னேட்டத்திற்கும் ஒரு முகத் தொடர்பு இருக்கும் வண்ணம் படச்சுருளின் ஒளிச்செறிவு இருக்கவேண்டும். இதனை வெறும் பார்வையால் செய்யமுடியாது. இதற்கு ஒளிக்குழாய்கள் பெரிதும் பயன்படுகின்றன. பதிவு செய்யும் கால்வனோமீட்டரில் செலுத்தப்படும் நிலைமின் அழுத்தத் தைப் பொறுத்துப் பூச்சியச் சைகைக்கான ஒளிமட்டம் (light level) ஏற்படும். இதனைக் கண்காணிக்கவும், ஒளிச்செறிவு மாறுதல் களின் வீச்சை அளப்பதற்கும் ஒளிக்குழாய்கள் உதவுகின்றன.

ஒளிச் செறிவு மாறுதல்களின் வீச்சை அளப்பதற்குப் பிளவின் பிம்பம், பிரிக்கப்பட்ட இணையாக்கி வில்லைகளில் விழச் செய்யப்படுகிறது. இணையாக்கி வில்லைகள், பிளவின் ஒவ்வொரு பகுதியிலிருந்தும் ஒளியை, ஒளிக்குழாயின் எதிர்மின்வாயில் விழச் செய்கின்றன. ஒளிக்குழாயின் வெளியீடு பெருக்கப்பட்டு ஒளி மாறுதல்களின் வீச்சைக் காட்டக்கூடிய அளவுகோலை இயக்குவதற்குப் பயன்படுகிறது.

அதே அமைப்பில் இரு ஒளிக்குழாய்களை அமைத்து, அவற்றில் படும் ஒளிப்பாதைகளை, ஒரு திரையைக்கொண்டு மாறி மாறி மறைப்பதன்மூலம் பூச்சியச் சைகைக்கான ஒளிமட்டத்தை அளக்கலாம். படச் சுருள்களின் நிறமாலை உணர்திறனுக்குப் பொருந்தும் வகையில், நீல உணர்திறன் ஒளிக்குழாய்கள் இங்கே பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

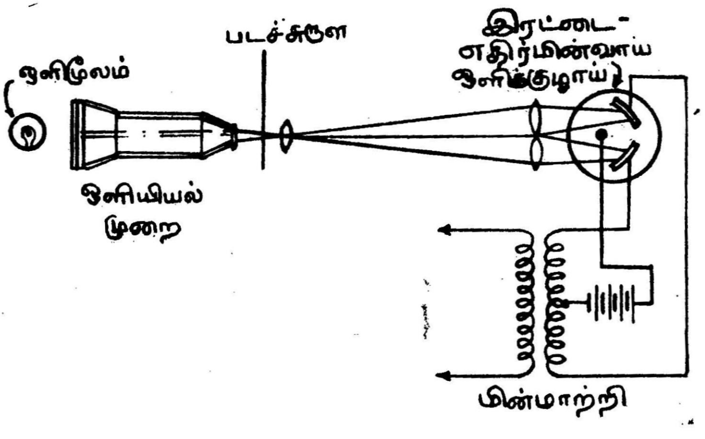
இவ்வாறு ஒளி மாறுதல்களின் வீச்சையும், மின்னேட்ட வீச்சையும் கட்டுப்படுத்தி ஒலிப்பதிவை மேற்பார்வையிடும் துறையில் ஒளிமின்கலங்கள் பல்வேறு வகைகளில் பயன்படுத்தப் படுகின்றன.

மறுபதிவு

திரைப்படச் செயல் முறையில் முதலில் காமிராவில் படம் எடுக்கும்போதே ஒலிப் பதிவு செய்யப்படுகிறது. பின்னர்ப் பல்வேறு இடங்களிலும் ஒரே சமயத்தில் திரையிடுவதற்குப் பல நெகட்டிவ்கள் எடுக்கப்படுகின்றன. இந்த ஒவ்வொரு நெகட்டிவி லும் ஒலி வரி மறுபதிவு செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு மறுபதிவு செய்வதற்கும் ஒளிமின் குழாய்கள் தேவைப்படுகின்றன.

படச் சுருளின் அகலத்தைப் பொறுத்து ஒலி வரியின் அளவும் இடமும் நிர்ணயிக்கப்படுகின்றன. சாதாரணமாகப் படச் சுருளில், படத்துக்கும் அதன் ஒரு பக்கத்தில் அமைந்துள்ள தொளை களுக்கும் இடையில் ஒலி வரி அமைந்திருக்கிறது. இத்தகைய 35 மி.மீ. படச் சுருளில் மாறுபடு பரப்புப் பதிவில் 0·076 அங்குல அகலமாகவும், மாறுபடு அடர்த்திப் பதிவில் 0·1 அங்குல அகல மாகவும் ஒலி வரி இருக்கிறது. 16 மி.மீ. படச்சுருளில் ஒரு பக்கத்தில் மட்டும்தான் தொளைகள் இருக்கும். அதற்கு எதிர்ப் பக்கத்தில் ஒலி வரி அமைக்கப்படுகிறது. இதில் மாறுபடு பரப்புப் பதிவில் 0·06 அங்குல அகலமாகவும், மாறுபடு அடர்த்திப் பதிவில் 0·08 அங்குல அகலமாகவும் ஒலி வரி அமைகிறது.

ஒலியை மறு பதிவு செய்வதற்கு ஒரு போனோகிராஃபும் (phonograph) பதிவு செய்யும் கருவியும் தேவைப்படுகின்றன. இந்தப் பதிவு செய்யும் கருவியைக் கட்டுப்படுத்த ஒளிக்குழாய்கள் தேவைப்படுகின்றன. மறு பதிவு செய்யும்போது, முதலில் எடுக்கப்பட்ட ஒலி வரி சீரான வேகத்தில் ஓட்டப்படுகிறது. அதன்மீது ஒளியூட்டப்பட்ட பிளவின் பிம்பம் விழச் செய்யப் படுகிறது. அதிலிருந்து வரும் ஒளி, பிரிக்கப்பட்ட வில்லைகளின்



படம் 24. 4

ஒலி மறுபதிவு செய்தல்.

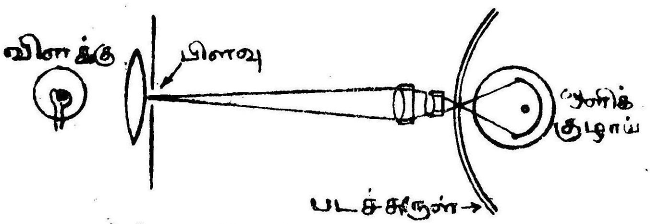
மூலம், ஓர் இரட்டை ஒளிக்குழாயின் இரு எதிர்மின்வாய்களிலும் விழுகிறது. ஒளிக்குழாயின் வெளியீடு பெருக்கப்பட்டு, பதிவு செய்யும் கருவியைக் கட்டுப்படுத்துகிறது. (படம் 24. 4)

ஒலி மீட்புக் கருவிகள்

மாறுபடு அடர்த்தி, மாறுபடு பரப்பு ஆகிய இரு முறைகளில் எந்த முறையில் பதிவு செய்யப்பட்டாலும் ஒலி வரியை மீண்டும் ஒலியாகக் கேட்பதற்கான முறை ஒன்றுதான். சீரான வேகத்தில் ஓடும் படச் சுருளில் அமைந்துள்ள ஒலி வரியின்மீது ஒளி செலுத்தப்படுகிறது. இந்த ஒளி கிடைமட்டமான கோடாகச் செலுத்தப்படுகிறது. இந்த ஒளிக் கோட்டின் அகலம், மீட்கப்பட வேண்டிய ஒலியின் அதிர்வெண்ணைப் பொறுத்து அமைகிறது.

எடுத்துக்காட்டாக, விநாடிக்கு 18 அங்குல வேகத்தில் ஓடும் 35 மி.மீ. படச் சுருளில் பதிவு செய்யப்படக்கூடிய ஒலிகளில் மிகக் குறைந்த அலை நீளம் 0·0024 அங்குலமாகும். இந்த அலை நீளத்தில் பாதி அளவான 0·0012 அங்குல அகலத்திற்கு ஒளிக்கோடு அமைகிறது. 16 மி.மீ. படச்சுருளுக்கு, இந்த அகலம் பாதி அளவுக்கும் சற்றுக் குறைவாகவே இருக்கிறது. ஏனெனில், 16 மி.மீ. படச் சுருளின் வேகம் விநாடிக்கு 7·2 அங்குலமாக இருக்கிறது.

ஒழுங்கான ஒலி மீட்புக் கருவிகளை உருவாக்குவதற்குப் பொறியியல் வல்லுனர் பலரும் தத்தம் திறமையைக் காட்டியுள்ளனர். ஏனெனில், இதில் பல்வேறு இடர்ப்பாடுகள் உள்ளன. படம் காட்டும் கருவியில் (projector) படச் சுருள் விட்டு விட்டு ஓடுகிறது. சுருளிலுள்ள ஒரு படம் சிறிது நேரம் - ஏறத்தாழ 1/16 விநாடி - நிற்கும். பின்னர் அடுத்த படம் வரும். இவ்வாறு படம் நின்று நின்று வந்தாலும் ஒலி வரியின்மீது ஒளி தொடர்ந்து சென்று கொண்டேயிருக்கும். இவ்விரண்டையும் இணைக்க வேண்டிய தொல்லை இதில் இருக்கிறது. இதற்காகப் படம் காட்டும் சன்னல், ஒலி மூலம் (sound head) ஆகிய இரு இடங்களுக்கிடையில் படச் சுருளில் சிறிது தொய்வு விடப்படுகிறது.

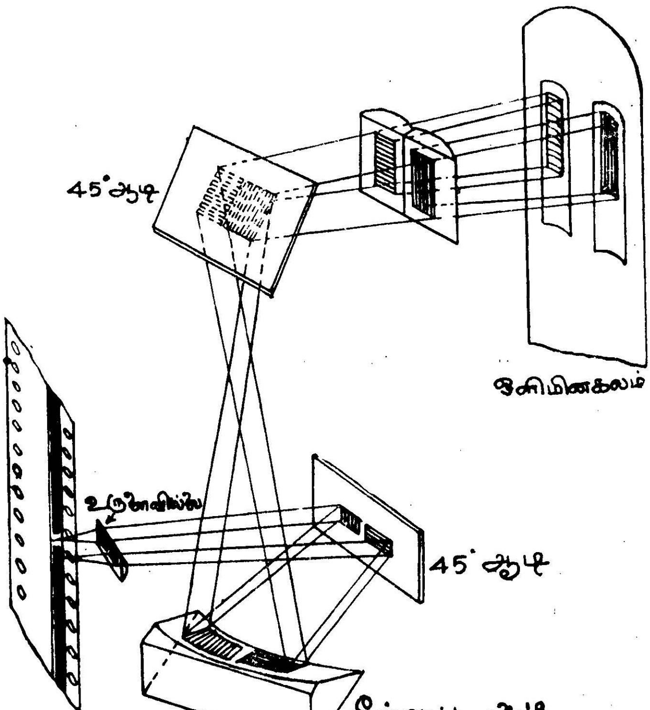


படம் 24. 5
ஒலிமீட்புக்கான ஒளியியல் முறை.

படச் சுருள் சன்னலின் எதிராக இருக்கும்போது, அதற்கான ஒலி 20 சட்டங்கள் முன்னாலேயே மீட்கப்படுகிறது.

ஒலி மீட்புக்கான ஒளியியல் முறை படம் 24. 5 - ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. 10 வோல்ட், 5 ஆம்ப்பியரில் இயங்கும் விளக்கின் ஒளி, ஓர் ஒளி குவி வில்லையின் மூலம், பிளவின் வழியாகச் செல்கிறது. பிளவின் பிம்பம் பொருளருகு வில்லையின் மூலம் படச் சுருளில் விழுகிறது. அங்கிருந்து வரும் ஒளி, ஒளிக்குழாயின் எதிர்மின்வாயில் விழுகிறது.

படச் சுருளிலிருந்து ஒளி, நேராக ஒளிக்குழாயில் விழாமல், பல கண்ணாடிகள், முப்பட்டகங்கள், வில்லைகள் ஆகியவற்றின் வழியாகவும் ஒளிக்குழாயில் விழச் செய்யப்படுகிறது. இத்தகைய சிக்கலான ஒளியியல் முறை ஒன்று படம் 24. 6 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. சில தேவைகளை முன்னிட்டு இதில் இரட்டை ஒளிக்குழாய் பயன்



படம் 24. 6
ஒலிமீட்புக்கான சிக்கலான ஒளியியல் முறை.

படுத்தப்படுகிறது. வாணிக முறையில் செய்யப்படும் ஒலிமீட்புக் கருவிகளில், சில்வர் சீசியமும் ஆக்சைடு சீசியமும் உடைய

இரட்டை ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவை சிவப்பு உணர்திறனுடையவை. இத்தகைய சிக்கலான ஒளியியல் முறை, எதிர்மின்வாயின் மேற்பரப்பிலுள்ள உணர்திறன் மாற்றங்கள் ஒலி வரியிலிருந்து பெறப்படும் சைகைகளைப் பாதிக்காமலிருக்க உதவுகிறது.

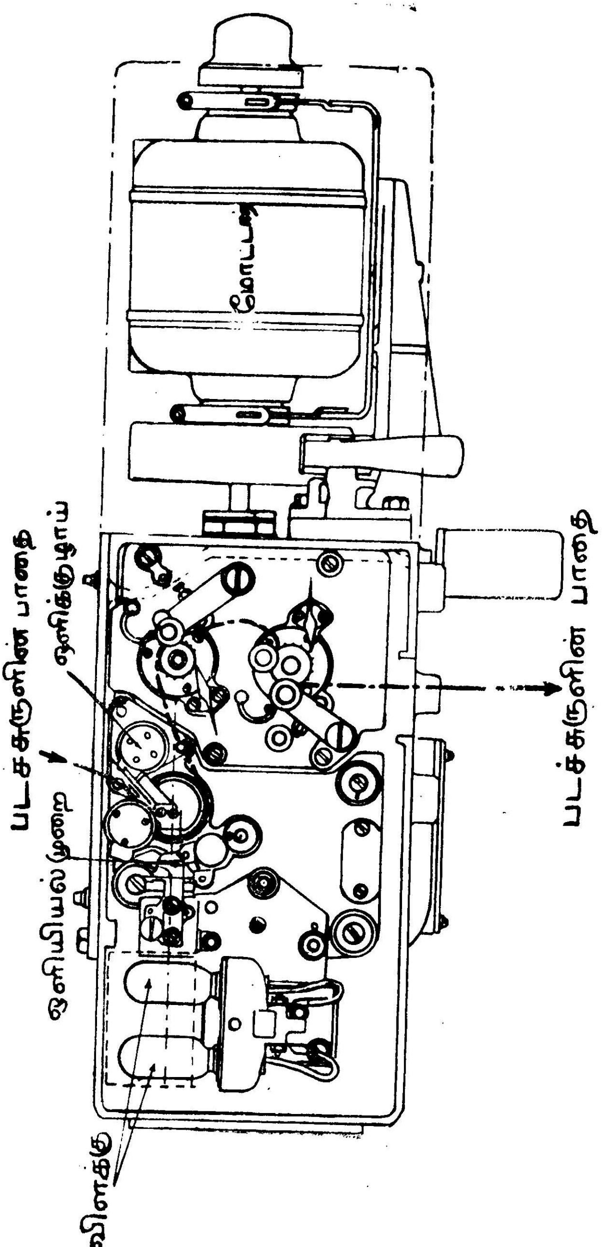
ஒலிமீட்புக் கருவிகளிலும், அவற்றின் ஒளியியல் முறைகளிலும் பலவித முன்னேற்றங்கள் செய்யப்பட்டுள்ளன. பழைய படங்களின் ஒலி வரிகளில் அழுக்கு, கீறல்கள் முதலியவை இருந்தால் அவை ஒலியைப் பாதிக்கும். அதன் காரணமாகத் தேவையற்ற ஒலிகள் கேட்கும். இவற்றைத் தடுத்துத் தேவையான ஒலியை மட்டும் தெளிவாகக் கேட்க ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்படுத்தும் திருந்திய ஒலிமீட்புக் கருவிகள் உருவாக்கப் பட்டுள்ளன.

படச்சுருள் ஒலிமீட்புக் கருவியினுள் சென்று வரும் வழி படம் 24.7-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒன்று கெட்டாலும் மற்றொன்று எரியும் வகையில் இரண்டு ஒளித் தோற்றுவாய்களும், ஒளி பிரதி பலித்துச் செல்ல ஒளியியல் முறைகளும் ஒளிக்குழாயும் உள்ளன. ஒளிக்குழாயின் வெளியீடு, மின்னழுத்தப் பெருக்கி, திறன் பெருக்கிகளின் வழியாகச் சென்று ஒலிப் பெருக்கியின் வழியாக ஒலியாகக் கேட்கிறது.

வண்ணச் சாய வரிகளிலிருந்து ஒலிமீட்பு

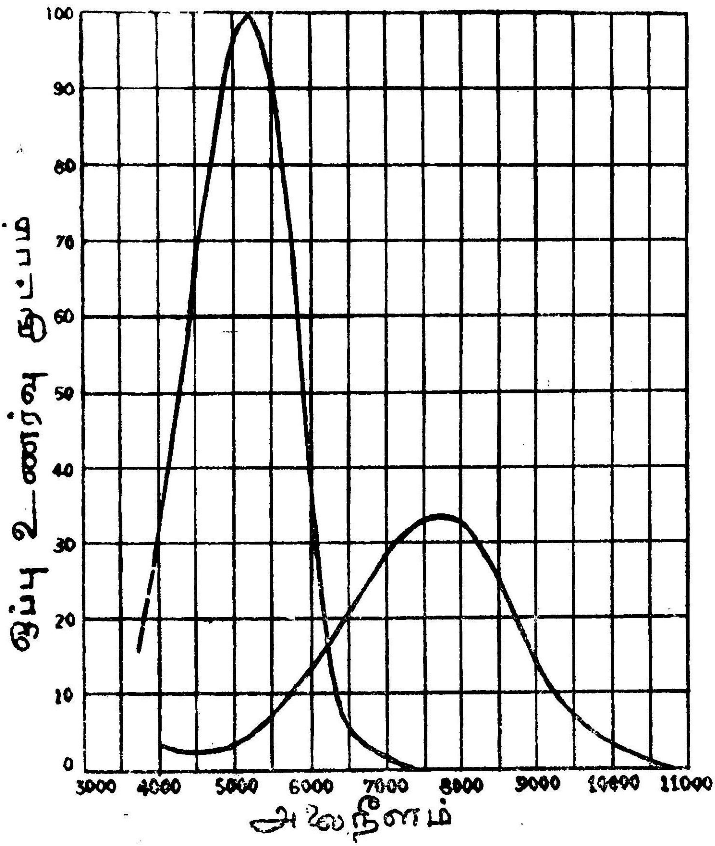
வண்ணத் திரைப்படங்கள் எடுக்கத் தொடங்கியவுடன், அதற்காகப் பயன்படுத்தப்படும் வண்ணச் சாயங்களிலேயே ஒலிவரியைப் பதிவு செய்வது எளிதாவும் சிக்கனமாகவும் கருதப் பட்டது. சாதாரணமாகப் பயன்படுத்தப்படும் சிவப்பு மற்றும் அகச்சிவப்பு உணர்திறனுடைய ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்படுத்திச் சாய ஒலி வரிகளிலிருந்து மீட்கப்பட்ட ஒலி தெளிவானதாக இல்லை. அலையகல அதிர்வு மிகக் குறைவாகவும், இரைச்சல் மிக அதிகமாகவும் இருந்தன. கோரிஸ்ச், கோலிச் (Gorisch, Gorlich) ஆகிய இருவரும் இதுபற்றி ஆராய்ந்தனர். சாயக் குழம்புகளுக் கிடையே அகச்சிவப்பு ஒளி எளிதில் புகுந்து செல்வதே இதற்குக் காரணம் என அவர்கள் கண்டறிந்தார்கள். மேலும், ஒலிவரியி லுள்ள தூசிகளும் கீறல்களும் வெளியீட்டை அதிக அதிர்வடையச் செய்வதால் இரைச்சல் அதிகமாக இருக்கிறது.

எனவே, அவர்கள் சிவப்பு உணர்திறனுடைய ஒளிக்குழாய் களுக்குப் பதில் நீல உணர்திறனுடைய ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்



படம் 24. 7
ஒலிமீட்புக் கருவியில் படச்சுருளின் வழி.

படுத்தினர்கள். வாயு நிறைக்கப்பட்ட ஆன்டிமனி - சீசியம் 1P37 ஒளிக்குழாய் இத்தகைய நீல உணர்திறனுடையது. நீல உணர் திறன் பரப்பும், சிவப்பு உணர்திறன் பரப்பும் உள்ள ஒளிக் குழாய்கள், 2870°K நிற வெப்பநிலையிலுள்ள ஒரு டங்க்ஸ்டன் மின்னிழை விளக்கிலிருந்து வரும் ஒளியின் நிறமாலையைத் தேர்ந் தெடுக்கும் விதம் வரைபடத்தில் (படம் 24. 8) காட்டப்பட்டுள்ளது.

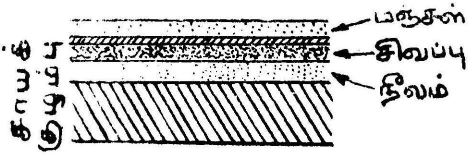


படம் 24. 8

சிவப்பு உணர்திறன் பரப்பும், நீல உணர்திறன் பரப்பும் நிறமாலையைத் தேர்ந்தெடுக்கும் விதம்.

மூன்று தொகுதிகளையுடைய வண்ணப் படச் சுருளின் அடுக்குகள் படம் 24. 9 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. முதலில் மஞ்சள் சாயமும், நடுவில் சிவப்புச் சாயமும், இறுதியில் நீலச் சாயமுந்

உள்ளன. ஒவ்வொன்றும் முறையே நீல உணர்வு, பச்சை உணர்வு, சிவப்பு உணர்வுள்ள சாயக் குழம்புகளாகும். இத்தகைய



படம் 24. 9
வண்ணப் படச் சுருளின் அடுக்குகள்.

வேறுபட்ட சாயத் தொகுதிகள் இருப்பதால்தான், சிவப்பு உணர்திறனுடைய ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்படுத்தி மீட்கப்படும் ஒலியைவிடச் சிறந்த ஒலியை நீல உணர்திறனுடைய ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்படுத்தும்போது கேட்க முடிகிறது.

ஒலிவரியில் சிவப்பு ஒளியைச் சில விநாடிகளுக்குப் பாய்ச்சுவதன் மூலம், இறுதி அடுக்கில் நீலச் சாயம் தேங்குவதைத் தடுக்கமுடியும். இதனால் ஒளி சிதறிப் பிம்பங்கள் பரவுவது குறையும். நீல உணர்திறன் மிக்க ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்படுத்தும்போது ஒலி அதிர்வுகளும் நல்ல முறையிலிருக்கும்.

ஒலிமீட்பில் ஒளியால் கடத்தும் மின்கலங்கள்

சாதாரணமான வாயு நிறைக்கப்பட்ட ஒளிக்குழாய்களைவிட லெட் சல்ஃபைடு கடத்தி - ஒளிமின்கலங்கள் நுண்ணுணர்வுடையவை. ஒலிமீட்புக் கருவிகளில் இவை பயன்படுத்தப்பட்டபோது நல்ல முடிவுகள் கிடைத்திருக்கின்றன. வெள்ளி ஒலிவரியிலிருந்து ஒலிமீட்புக்கு இத்தகைய கடத்தி - ஒளிமின்கலங்களே சிறந்தவை.

25. படங்களை அனுப்ப ஒளிமின்கலங்கள்

படங்களைத் தொலைவிடங்களுக்கு அனுப்பும் முறைகள் கி.பி. 1935 ஆம் ஆண்டுக்குப் பின்னர் விரைவாக முன்னேறி வருகின்றன. மின்சார முறையில் படங்களை அனுப்ப இரண்டு வகைகள் இருக்கின்றன. ஒன்று, நாடகங்கள் விளையாட்டுகள் போன்ற நிகழும் காட்சிகளைத் தொடர்ந்து காணத்தக்க **தொலைக் காட்சி** (Television). இரண்டாவது, நிலையான படங்களைத் தொலைவில் நிழற்படுத்திக் காட்டும் **நேர்படி** (fascimile). இந்த இரண்டு வகைகளிலும் படங்களை அனுப்ப ஒளிமின்கலங்கள் பெரிதும் உதவுகின்றன. படங்களிலுள்ள ஒளி அளவுகளை மின் சைகைகளாக (electrical signals) மாற்றிக் கம்பிகள் மூலமோ, ரேடியோ அலைகள் மூலமோ அனுப்பவும், திரும்பப் படமாகப் பெறவும் ஒளிக்குழாய்கள் தேவைப்படுகின்றன.

உண்மையில், நேர்படியும் தொலைக் காட்சியும் ஒரே அடிப் படையில்தான் அமைந்துள்ளன. தொலைக்காட்சியில் ஒரு முழுப் படம் 1/30 விநாடிக்குள் அனுப்பப்படவேண்டும் அடுத்தடுத்துப் படங்கள் இந்த இடைவெளியில் அனுப்பப்பட்டால்தான் பார்ப்ப வர்களுக்குத் தொடர்ச்சியான காட்சிகள் தெரியும். ஆனால், நேர் படியில் படத்தை விநாடிக் கணக்கில் இல்லாமல் சில பல நிமிடங் களில் அனுப்பினாலும் போதும்.

எனவே, நேர்படிக்கும் தொலைக்காட்சிக்கும் உள்ள வேறு பாடு, படங்களை அனுப்பும் காலப்பகுதியில்தான் (transmission period) அமைந்துள்ளது. இந்த வேறுபாட்டின் காரணமாகத் தான், இந்த இரு துறைகளிலும், படங்களை அனுப்புவதற்கும் திரும்பப் பெறுவதற்கும், வேறு வேறு கருவிகள் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. என்றாலும் நேர்படிப் படங்களை அனுப்பும் வேகம் தொலைக் காட்சிக்கு ஒப்ப அதிகரிக்கப்படும்போது, நேர்படிக்கான கருவிகள், வேறொரு வகைத் தொலைக்காட்சிக் கருவிகளைப்போல

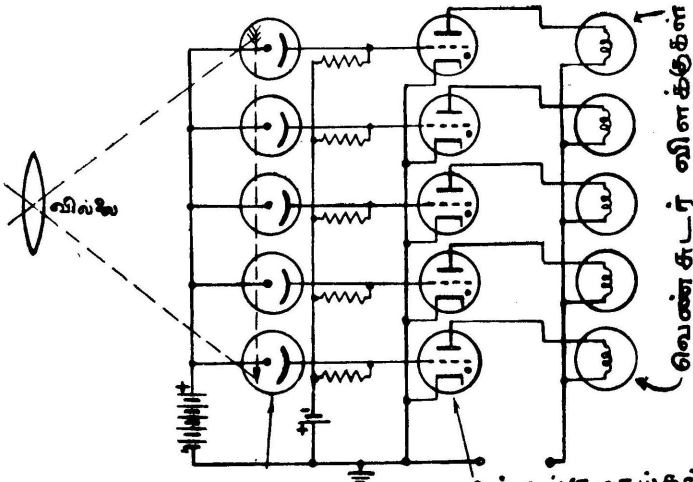
மாறிவிடுகின்றன. என்றாலும், இங்கும் அடிப்படையான வேற்றுமை இருக்கவே செய்கிறது. தொலைக்காட்சியில் பார்ப்போருக்கு அசையும் பிம்பங்கள் தொடர்ந்து அடுத்தடுத்துத் தெரிகின்றன. ஆனால் நேர்படியில், பதிவு செய்து வைத்துக் கொள்ளத்தக்க நிலையான படங்கள் கிடைக்கின்றன.

வரிக்கண்ணோட்டத் தத்துவம்

மின்சார முறைகள் மூலமாகப் படங்களை அனுப்பும் எல்லா வழிகளிலும் அடிப்படையான செயல் ஒன்று உண்டு. அனுப்பப் படவேண்டிய படத்தைச் சின்னஞ்சிறு படக்கூறுகளாகப் பிரிப்பதுதான் அந்தச் செயல். ஒவ்வொரு படக்கூறும் ஒரு மின் சைகையைத் தூண்டுகிறது. இந்த மின் சைகைகள் படக்கூறின் ஒளிர்வைப் பொறுத்து அமைகிறது. நிழற்படங்களில் படக் கூறுகள் (picture elements) ஒளி நிழல் மாறுபாட்டளவுப் புள்ளி களாகக் (half tone dots) காட்டப்படுகின்றன. சாதாரணச் செய்தித் தாள்களில் அச்சிடப்படும் படங்கள் அங்குலத்திற்கு 60 முதல் 120 புள்ளிகள் வரையும், உயர்ந்த தாள்களில் அச்சிடப் படும் படங்கள் அங்குலத்திற்கு 250 புள்ளிகள் வரையும் பயன் படுத்துகின்றன.

வெவ்வேறு படக் கூறுகளிலிருந்து தோன்றும் வெவ்வேறு மின் சைகைகளை ஒரே நேரத்தில் மொத்தமாகவோ அல்லது அடுத்தடுத்து ஒன்றன்பின் ஒன்றாகவோ அனுப்ப இயலும். கி.பி. 1875 - ல் கேரி (Carey) என்பவர் முதன் முதலாகப் படங்களை அனுப்ப, படக்கூறுகளை மொத்தமாக அனுப்பும் முறையைக் கண்டுபிடித்தார். ஆனால், அது இப்போது விளம்பரப் படங்களுக்கு மட்டும்தான் பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதன் பொதுவான அமைப்பு, படம் 25. 1 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இம் முறையில் செவ்வக அமைப்பில் வரிசையாக அடுக்கப்பட்டிருக்கும் ஒளிக் குழாய்களின்மீது, குவி வில்லையால் படம் பிம்பப் படுத்தப்படு கிறது. வேறு ஒரு பக்கம் வரிசையாகப் பல்புகள் அடுக்கி வைக்கப் பட்டு, அவை எரிந்துகொண்டிருக்கும். ஒளிக்குழாய்கள் அந்த பல்புகளைக் கட்டுப்படுத்தித் தம்மீது விழும் படக் கூறுகளுக்கேற்ப, பல்புகளை எரியச்செய்கின்றன. அதற்கேற்ப மின் சைகைகள் தோன்றுகின்றன. இந்த முறை சாதாரண விளம்பரப் படங் களுக்குப் போதுமானதாக இருக்கலாம். ஆனால், தொலைக் காட்சியில் படக்கூறுகள் ஏராளமாக - ஏறத்தாழ 5 லட்சம் படக்கூறுகள் - இருக்கின்றன. அங்கு, எளிதில் கையாள முடியாத அளவிற்கு மிகக் குழப்பமான நிலையை இம்முறை தோற்றுவித்து விடும்.

எனவே, ஒரே நேரத்தில் இல்லாமல் படக்கூறுகளிலிருந்து மின் சைகைகளை ஒன்றன்பின் ஒன்ருக அடுத்தடுத்து அனுப்பும் முறையே இப்போது உலகெங்கும் பயன்படுத்தப்படுகிறது.

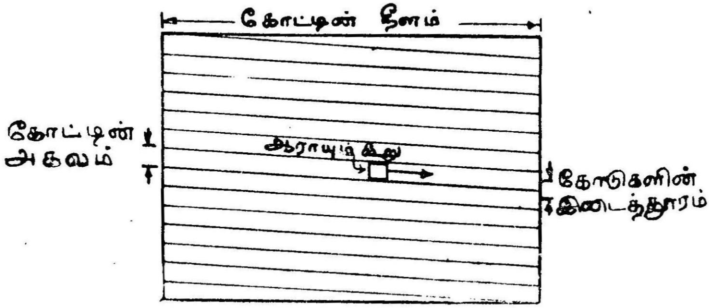


படம் 25. 1
படக்கூறுகளை மொத்தமாக அனுப்பும் முறை.

அடுத்தடுத்த படக் கூறுகளிலிருந்து ஓர் ஒழுங்கான முறையில் ஒளியைத் தேர்ந்தெடுத்து மின் சைகைகளாக மாற்றும் முறைக்கு 'அலகிடுதல்' அல்லது **'வரிக் கண்ணேட்டம்'** (scanning) என்பது பெயர். நேர்படி, தொலைக்காட்சி ஆகிய இரண்டிலுமே 'வரிக் கண்ணேட்டம்' பயன்படுத்தப்படுகிறது. இதன் பொதுவான முறையில், படக்கூறின் அகலத்திற்குச் சமமான இடைத் தூரம் உடைய இணைக் கோடுகளில் படக்கூறுகள் ஒழுங்குபடுத்தப்படுகின்றன. அடுத்தடுத்த கோடுகளின் மையப் புள்ளிகளுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவும் படக் கூறின் அகலமும் சமமாக இருந்தால், ஆராயும் கூறு (exploring element) படத்தை மேலிருந்து கீழ்வரை வரிவரியாக எல்லாப் பாகங்களையும் கண்ணேட்ட மிட்டு விடுகிறது. இது, படம் 25. 2-ஐப் பார்த்தால் தெளிவாக விளங்கும். ஒரு சதுரமான படத்தைக் கண்ணேட்ட மிடும்போது ஆராயும் கூறின் கீழ்நோக்கிய வேகம், ஆராயும் கூறு வரிக் கண்ணேட்டக் கோட்டின்மீது செல்லும் வேகத்தை இணைக் கோடுகளின் எண்ணிக்கையால் வகுத்தால் கிடைக்கும்.

$$\frac{\text{செங்குத்து வரிக்கண்ணேட்ட வேகம்}}{\text{கிடைமட்ட வரிக்கண்ணேட்ட வேகம்}} = \frac{\text{கோடுகளின் இடைத்தூரம்}}{\text{கோட்டின் நீளம்}}$$

எந்தவிதமான பட அனுப்பு முறையிலும் வரிக் கண்ணோட்டமிடும் முறையினால் உண்டாக்கப்பட்ட மின் சைகைகள் தகுந்த



படம் 25. 2
வரிக் கண்ணோட்ட முறை.

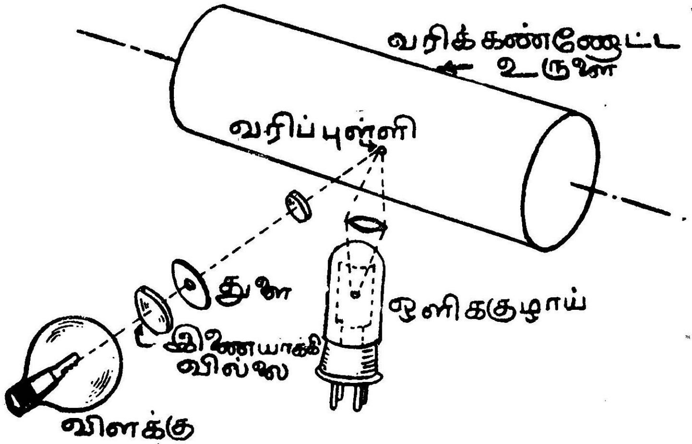
தொடர்புவழி மூலம் மீண்டும் படமாகப் பெறும் கருவியை அடைந்தபின்னர்ப் பெறும் கருவியின் வரிக் கண்ணோட்டமிடும் ஒத்த புள்ளிகளின் ஒளிர்வைக் கட்டுப்படுத்துகின்றன.

பெறும் கருவியில் கிடைக்கும் படத்தின் தன்மை நான்கு காரணக் கூறுகளைப் பொறுத்தது. அவை: (1) அனுப்பும் இடத்திலுள்ள வரிக்கண்ணோட்டமிடும் கருவி; (2) அனுப்பும் கருவி; (3) பெறும் கருவியிலுள்ள பதிவு செய்யும் பகுதி அல்லது படம் காட்டும் பகுதி; (4) அனுப்பும் கருவியிலும் பெறும் கருவியிலும் உள்ள வரிக்கண்ணோட்டமிடும் பகுதிகளின் இசைவுப் பொருத்தம் (synchronization).

நேர்படி வரிக்கண்ணோட்டக் கருவி

உலகெங்கும் அதிகமாகப் பயன்படுத்தப்படும் நேர்படி வரிக் கண்ணோட்டக் கருவியின் (fascimile scanner) எளிய தோற்றம் படம் 25. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. தகுந்த ஒரு விளக்கிலிருந்து கிடைக்கும் ஒளி, இணையாக்கி வில்லையின் மூலம் ஒரு சிறிய தொளையின்மீது படுகிறது. ஒளியூட்டப்பட்ட தொளை, படக்கூறினைவிடச் சிறிது குறைந்த அளவு பரப்புள்ள ஒளிப்புள்ளியாக, அனுப்பப்படவேண்டிய படத்தின்மீது விழச்செய்யப் படுகிறது. விரவலாகப் பிரதிபலிக்கப்பட்ட ஒளியை மற்றொரு வில்லை ஒளிக்குழாயின் எதிர்மின்வாயின்மீது படும்படி செய்கிறது. இதனால் உண்டாகும் ஒளிமின்னோட்டம்தான் தேவையான மின் சைகையாகும். நவீன அதிவேக நேர்படி வரிக்கண்ணோட்டக் கருவிகளில் ஒளிமின் பெருக்கிகள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன

அனுப்பப்படவேண்டிய பொருள், அச்சிட்ட செய்தியாயினும், தட்டெழுத்துச் செய்தியாயினும், புகைப்படமாயினும் ஒரு சீரான



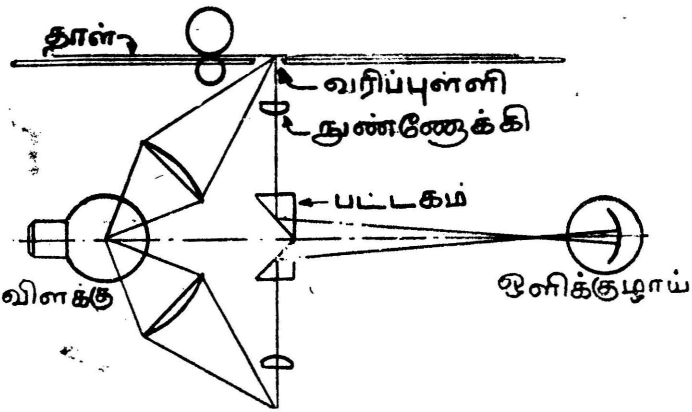
படம் 25. 3
நேர்படி வரிக்கண்ணோட்டக் கருவி.

வேகத்தில் சுழலும் உருளையின்மீது பொருத்தப்படுகிறது. வரிக் கண்ணோட்டமிடும் ஒளிப்புள்ளி நீள வாட்டத்தில் மிகவும் குறைந்த வேகத்தில் நகர்த்தப்படுகிறது. இத்தகைய அமைப்பினால் அடுத்தடுத்த இணைக் கோடுகளைக் குறுக்கீடு இல்லாமல் வரிக் கண்ணோட்டமிட முடிகிறது.

நேர்படி முறையில் சாதாரணமாகப் படக் கூறின் பக்கப் பரிமாணம் 0.01 அங்குலமாக இருக்கிறது. இந்த அளவு, வரிக் கண்ணோட்ட இணைக் கோடுகளுக்கு இடைப்பட்ட தொலைவிற்குச் சமமாகும். ஒரு படத்தை அனுப்புகையில் வரிக்கண்ணோட்ட நீளத்திற்கும், வரிக்கண்ணோட்ட இணைகோடுகளுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவிற்கும் உள்ள விகிதம் அனுப்பு கருவியின் 'ஒத்தியல் எண்' (index of co-operation) என்று சொல்லப் படுகிறது. பெறும் கருவியில் கிடைக்கும் படத்தின் தன்மை அனுப்பப்படும் படத்தை எல்லா வகையிலும் ஒத்திருக்கவேண்டுமெனில், இவ்விரு கருவிகளின் ஒத்தியல் எண்களும் ஒத்திருக்க வேண்டும். இதைத் தவிர, இரு கருவிகளிலும், ஒரு நிமிடத்திற்கு அனுப்பப்படும் கோடுகளின் எண்ணிக்கையும் ஒத்திருக்க வேண்டும்.

எனவே, ஓர் அனுப்பும் நிலையத்தை, அந்த நிலையத்தின் ஒத்தியல் எண்ணையும், ஒரு நிமிடத்தில் அனுப்பப்படும் கோடுகளின் எண்ணிக்கையையும் கொண்டே குறிப்பிடுகிறார்கள். 9 அங்குலக் கோட்டு நீளமும், ஓர் அங்குலத்திற்கு 100 கோடுகளும் கொண்டு, ஒரு நிமிடத்திற்கு 40 வரிகள் வரை அனுப்பும் ஒரு வரிக்கண்ணோட்டக் கருவியை 40-900 என்று குறிப்பிடுவார்கள். மேலே சொன்ன அளவுகளைக்கொண்ட இத்தகைய ஒரு கருவியின் அனுப்பு வேகம் நிமிடத்திற்கு 3·6 சதுர அங்குலம் ஆகும். எனினும், வழக்கமாகப் படங்களை அனுப்பும் ஒரு நேர்படி அனுப்பு கருவியினை, நிமிடத்திற்கு 80 சதுர அங்குல வேகத்தில் செயல்படுத்த முடியும்.

முன்னைய படத்தில் காட்டப்பட்ட வரிக் கண்ணோட்டக் கருவியில் சில மாற்றங்கள் செய்யப்பட்டு இக்காலத் தேவைக்கேற்பப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. என்றாலும், அடிப்படைத் தத்துவத்தில் மாற்றங்கள் ஏதும் இல்லை என்பது குறிப்பிடத் தகுந்தது. மாற்றங்கள் செய்யப்பட்ட ஒரு வரிக் கண்ணோட்டக் கருவி படம் 25. 4 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இத்தகைய கருவி, வேகமாகப் படங்களை அனுப்ப மிகவும் பயனுடையதாகக் கருதப்படுகிறது. இக் கருவியில் ஒளிபுகு தன்மை வாய்ந்த பொருளால் செய்யப்



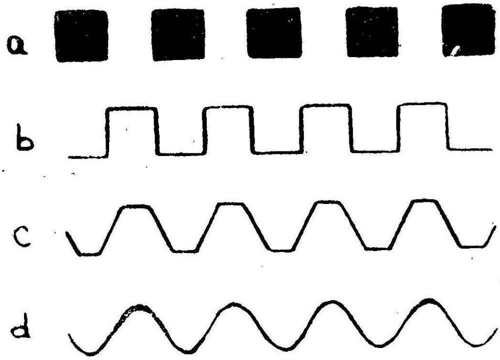
படம் 25. 4
சுழலும் ஒளியியல் முறையுடன் கூடிய வரிக்கண்ணோட்டக் கருவி.

பட்ட அரை உருளையின்மீது அனுப்பப்படவேண்டிய படம் கீழ் நோக்கியவாறு பொருத்தப்படுகிறது. இந்த உருளை நீளவாக்கில் நகரும்படி அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதில் இரண்டு வரிக்கண்ணோட்டமிடும் புள்ளிகள் இருக்கின்றன. 180° விலகல் கோணல்

உள்ள இரண்டு ஒரே மாதிரியான ஒளியியல் முறைகள், உருளையின் அச்சை மையமாகக் கொண்டு, உருளையின் உள்ளே சுழற்றப்படுகின்றன. அனுப்பப்பட வேண்டிய படத்தினால் பிரதிபலிக்கப்பட்ட ஒளி, நுண்ணோக்கிப் பொருளருகு வில்லை ஒன்றினால் பெறப்பட்டு ஒளிக்குழாயின் முன்னுள்ள தொளையின்மீது விழுகிறது. பின்னர் அது ஒளிக்குழாயை அடைந்து மின் சைகைகளை உண்டாக்குகிறது. இத்தகைய அமைப்பில் ஒளியியல் கருவிகள் ஒரு முழுச்சுற்றுச் சுற்றும்போது இரண்டு கோடுகள் வரிக்கண்ணோட்டமிடப்படுகின்றன. இத்தகைய கருவிகளைக் கொண்டு அடுத்தடுத்த படங்களை ஒன்றன்பின் ஒன்றாக இடையூறின்றி வரிக்கண்ணோட்டமிட முடிகிறது.

படங்களை அனுப்பும் முறை

வரிக்கண்ணோட்டமிடும் பகுதியில் உள்ள ஒளிக் குழாயினின்று வெளிப்படும் மின் சைகைகள் அனுப்பப்படுகின்றன. அனுப்பப்பட வேண்டிய படத்தின் மிக நுண்ணிய விவரங்கள் அடுத்தடுத்த கரும் புள்ளிகளையும் வெள்ளைப் புள்ளிகளையும் கொண்டனவாக இருக்கும். இந்தப் புள்ளிகளின் அளவு படக்கூறின் அளவுக்குச் சமமானதாக இருக்கும். (படம் 25. 5 *a*). மிக மிகக் குறுகிய வரிக்கண்ணோட்டத் தொளையைக் கொண்ட கருவியினின்று வரும் சைகை, படம் 25. 5 *b* - யில் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் சதுர அலையாக இருக்கும். ஆனால், வரிக்கண்ணோட்டத் தொளை மிகமிகக்



படம் 25. 5

a. மூலப் படத்திலுள்ள புள்ளிகள் ; *b*. குறுகிய தொளையினால் கிடைக்கும் சைகை ; *c*. படக்கூறின் பாதியளவு தொளையினால் கிடைக்கும் சைகை ; *d*. சைன் அலை.

குறுகியதாக இருக்கமுடியாது. தொளையின் அகலம், படக்கூறின் அகலத்தில் பாதியளவாக இருப்பின், ஒளிக் குழாயி

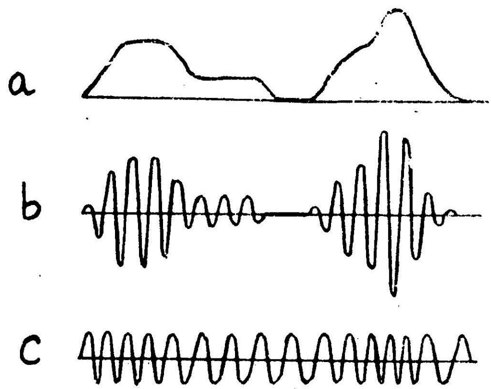
ணின்று வெளிப்படும் மின்சைகையின் தோற்றம் படம் 25.5 c-யில் காட்டப்பட்டுள்ளதுபோல் இருக்கிறது. எனவே, ஒரு வரம்புள்ள தொளையினைக் கொண்டு பெறும் சைகையின் தோற்றத்திற்கும், படக்கூறின் அகலத்தைப்போல் இரண்டு மடங்கு அலைநீளமுள்ள சைனுசாய்டல் (Sinusoidal) அலைக்கும் (படம் 25.5 *d*) இடையிலுள்ள வேறுபாடு, குறுகிய தொளையைக் கொண்டு பெறும் அலைக்கும் வரம்புள்ள தொளையைக் கொண்டு பெறும் அலைக்கும் இடையிலுள்ள வேறுபாட்டை விடக் குறைவாகவே இருக்கிறது என்பது, படத்தை ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால் தெரியும். வேறு முறையில் சொன்னால், வரிக்கண்ணோட்டத் தொளையின் அகலம் அதிகமானால், அனுப்பப்படும் படத்தில் அதிகமான சிதைவுகள் உண்டாகின்றன.

இதனைப்பற்றி இன்னும் விளக்கமாகப் புரிந்துகொள்ள ஓர் எடுத்துக்காட்டைக் காண்போம். ஒரு நிமிடத்திற்கு, 9 அங்குல வரிநீளம் கொண்ட 100 வரிகளை அனுப்பக்கூடிய கருவியில் பெருக்கி அனுப்பப்படும் அலைவெண் பட்டை (frequency band) விநாடிக்கு 0-விருந்து 750 வரையுள்ள அலைவுகளாகும். செவியுணர் அதிர்வெண் பெருக்கி (audio frequency amplification) துறையிலும், தொலைபேசித் துறையிலும் பயன்படுத்தப்படும் அதிர்வெண் பட்டையுடன் ஒப்பிட்டுப் பார்க்கும்போது, மேற் சொன்ன 0-விருந்து 750 வரையுள்ள அதிர்வெண் பட்டை சாதாரணமானதுதான். ஆனால், இதன் கீழ் எல்லை பூச்சியம் வரை நீண்டிருப்பதுதான் பெரிய தடையாக இருக்கிறது. ஏனெனில், இத்தகைய குறைந்த அதிர்வெண் கொண்ட சைகைகளைப் பெருக்குவதற்கு நேர்மின் பெருக்கிகளைப் (D. C amplifier பயன்படுத்தவேண்டியிருக்கிறது. இவ்வித நேர்மின் பெருக்கிகளைப் பயன்படுத்தும்போது செலவு அதிகமாவதுடன், சில குறைகளையும் தவிர்க்க முடியாமற்போகிறது.

இத்தகைய இடர்ப்பாடுகள், ஒளிக்குழாயிலிருந்து கிடைக்கும் மின் சைகைகளை, அதிலுள்ள உச்ச அதிர்வெண்ணைப்போல இரண்டு அல்லது மூன்று மடங்கு அதிர்வெண் உள்ள செவியுணர் அதிர்வெண் அலைகளாக அலை ஏற்றம் (modulation) செய்வதன் மூலம் தவிர்க்கமுடிகிறது. இவ்வாறு அலை ஏற்றம் செய்து கிடைக்கப்பெற்ற சைகையைப் பெருக்கிக் கம்பிகள் மூலமோ அல்லது ரேடியோ அலைகளாகவோ அனுப்பமுடிகிறது.

ஒளிக்குழாயிலிருந்து கிடைக்கும் மின் சைகையைச் செவியுணர் அதிர்வெண் அலையாக அலை ஏற்றம் செய்யும்போது, அலை வீச்சுப் பண்பு ஏற்றமோ (amplitude modulation) அல்லது அலை அதிர்

வெண் பண்பு ஏற்றமோ (frequency modulation) செய்யலாம், அலைவீச்சுப் பண்பேற்றம் முறையைக் கையாண்டால், கிடைக்கும் செவியுணர் அதிர்வெண் அலையின் 'அலைவீச்சு' ஒளிக்குழாயி னின்று கிடைக்கும் மின் சைகைக்குத் தகுந்தாற்போல் மாறுகிறது. அலை அதிர்வெண் பண்பேற்றம் செய்யும் முறையைக் கையாண் டால் செவியுணர் அலையின் 'அதிர்வெண்' ஒளிக்குழாயின் மின் சைகைக்குத் தகுந்தவாறு மாறுகிறது. இதனைப் படம் 25. 6 காட்டுகிறது.



படம் 25. 6

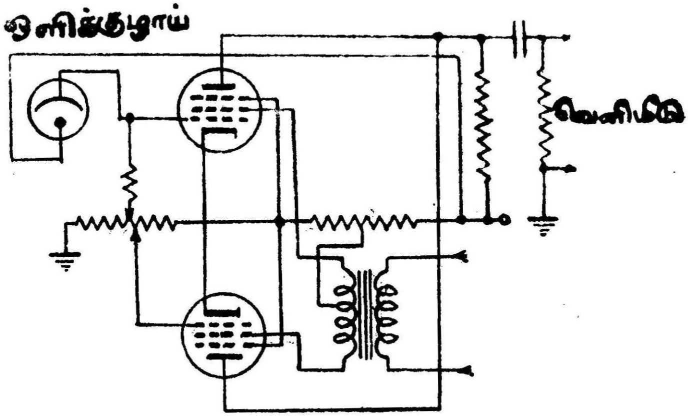
a. படத்தின் சைகை; *b.* அலைவீச்சுப் பண்பேற்றம்;
c. அலை அதிர்வெண் பண்பேற்றம்.

அலைவீச்சுப் பண்பேற்றம் செய்த அலைகளைப் பெறும் கருவியின் அமைப்பு, படம் 25. 7 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் பண்பேற்றம் செய்யப்பட்ட அலை இரண்டு வால்வுகளின் கிரிடு களுக்கு அளிக்கப்படுகிறது. இரண்டாவது வால்வின் கட்டுப் படுத்தும் கிரிட் வழக்கமாக ஒளிக்குழாயின் உச்ச மின்னோட்டத் திற்குப் பூச்சியச் சைகை கிடைக்குமாறும், ஒளிக்குழாயின் பூச்சிய மின்னோட்டத்திற்கு உச்சச் சைகை கிடைக்குமாறும் நிலைமின் னழுத்தம் பெற்றிருக்கும் வண்ணம் அமைக்கப்படுகிறது.

நீண்ட தொலைவுகளுக்கு ரேடியோ அலைகளை அனுப்பும் முறையில் ஊர்தி அலைகள் (carrier waves) ஒளிக்குழாயிலிருந்து கிடைக்கும் மின் சைகைகளைக்கொண்டு நேரடியாக அலை அதிர்வெண் பண்பேற்றம் செய்து அனுப்பப்படுகிறது.

படங்களைப் பெறும் கருவி

வரிக் கண்ணோட்டமிடும் பகுதியையும் அனுப்பு கருவியையும் கண்டோம். இவை இரண்டும் அனுப்பும் நிலையத்தில் அமைந்



படம் 25. 7
அலைவீச்சுப் பண்பேற்ற அலை பெறும் கருவி.

துள்ளன. இவற்றால் அனுப்பப்பட்ட சைகைகள் வேறோர் இடத்தில் பெறப்பட்டு மறு உருவாக்கும் (reproducing) கருவி களால் மீண்டும் படங்களாக மாற்றப்பட்டுப் பதிவு செய்யப்படு கின்றன.

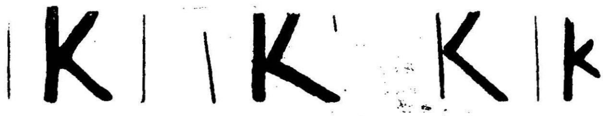
பதிவு செய்யும் துறையில் நான்கு முறைகள் கையாளப் படுகின்றன: (1) நிழற்பட முறை, (2) ஈர மின்பகுப்பி முறை (wet electrolytic process), (3) உலர்ந்த மின் பகுப்பி முறை (dry electrolytic process), (4) கார்பன் - தாள் முறை (carbon - paper process). அவரவர் தேவைக்கேற்ப இவற்றுள் ஏதாவது ஒரு முறையைக் கையாண்டு படங்களைப் பதிவு செய்கின்றனர்.

நிழற்பட முறையில் உயர்ந்தரக, பிழையற்ற பதிவுகளைப் பெறமுடிகிறது. பதிவு செய்த படத்திலிருந்து இன்னும் பல பிரதிகளை எடுக்கவேண்டுமெனில், நிழற்பட முறையே சிறந்த தாகக் கருதப்படுகிறது. உலர்ந்த மின்பகுப்பி முறையில், சற்றுக் காலதாமதம் ஆனாலும், உடனே பார்க்கக்கூடிய நிலையான படங்கள் நேரடியாகக் கிடைக்கின்றன. ஈர மின்பகுப்பி முறையில் மிக விரைவாகச் செயல்பட முடிகிறது. ஒரு நிமிடத்தில் 90 சதுர அங்குலம் வரை பதிவு செய்ய முடிகிறது. மேலும்,

இதில் ஒளிநிழல் மாறுபாட்டளவுப் புள்ளிகளின் (half tone dots) தரம் மிக உயர்வாக இருக்கிறது. கார்பன் - தாள் முறையில் உயர்ந்த தரத்தை எதிர்பார்க்க முடியாது. ஆனால், நேரடியாகப் பல மறு பிரதிகளைப் (copies) பெறமுடிகிறது. எனவே, இது செய்தித்தாள் துறையில் மிகுந்த அளவுக்குப் பயன்படுத்தப் படுகிறது.

நேர்படி இசைவுப் பொருத்தம்

நேர்படித் துறையில் பெறப்பட்ட பதிவு மூலப்படத்தின் சிதைவற்ற பிரதியாக இருக்கவேண்டுமெனில் இரண்டு செயல்கள் ஒழுங்காக நடைபெறவேண்டும். முதலாவதாக, அனுப்பப்படும் இடத்திலும் திரும்பப் பெறும் இடத்திலும் வரிக்கண்ணோட்ட மிடுதலின் வேகம் ஒன்றாக இருக்கவேண்டும். இரண்டாவதாக, ஒரே கட்டத்தில் (same phase) வரிக்கண்ணோட்ட மிடுதல் தொடங்கப்படவேண்டும். முதலாவது செயலில் ஏற்படும்



(a) (b) (c)

படம் 25. 8

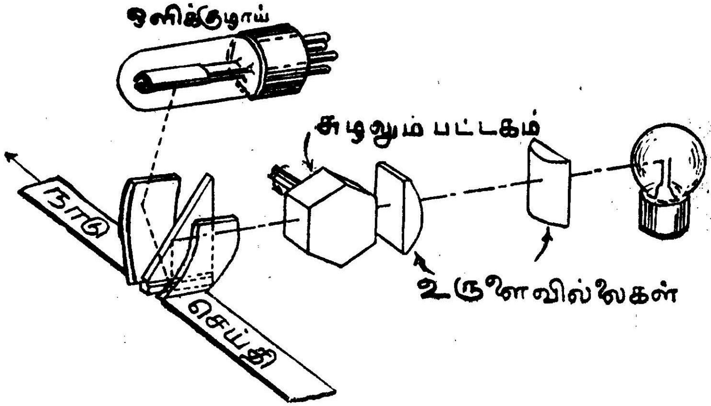
(*a*) மூலப் படம்; (*b*) வேக மாறுதலினால் ஏற்படும் தவறு;
(*c*) வரிக் கண்ணோட்டம் தொடங்கப்படும் கட்டங்களில் ஏற்படும் மாறுதலினால் உண்டாகும் தவறு.

தவறினால் பதிவு செய்யப்பட்ட படம் சரிந்த அல்லது கோணலான தோற்றத்தில் இருக்கும். இரண்டாவது செயலில் ஏற்படும் தவறினால் அனுப்பப்பட்ட படம் இரண்டு பகுதிகளாகப் பிரிந்து விடும். இவை படம் 25. 8 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன.

நாடா நேர்படி முறை

செய்திகளை அனுப்புவதற்கென்றே பயன்படுத்தப்படும் பிரத்தியேகமான நேர்படி முறை '**நாடா நேர்படி**' (tape fascimile) என வழங்கப்படுகிறது. அனுப்பப்படவேண்டிய செய்தி நாடாமீது எழுதப்படுகிறது; அல்லது அச்சிடப்படுகிறது. அது தட்டெழுத்துச் செய்தியாகவும் இருக்கலாம். இந்த நாடா வரிக் கண்ணோட்டமிடும் கருவியினுள் செலுத்தப்படுகிறது. இத்தகைய முறையில் கையாளப்படும் வரிக் கண்ணோட்டக் கோட்டின் நீளம், நாடாவின் அகலத்திற்குச் சமமாக இருக்கும். நாடா நேர்படி வரிக்கண்ணோட்டக் கருவி படம் 25. 9 - ல் காட்டப்

பட்டுள்ளது. ஓர் ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளி மூன்று உருளை வில்லைகளால் நாடாவின்மீது குவிக்கப்படுகிறது. ஆறு



படம் 25. 9
'நாடா நேர்படி' வரிக்கண்ணோட்டக் கருவி.

பக்கங்களையுடைய ஒரு சுழலும் பட்டகம், நாடாவின்மீது குவிக்கப் பட்ட ஒளிப் புள்ளியில் ஒளி விலகலை உண்டுபண்ணுகிறது. ஒரு நிமிடத்தில் வரிக்கண்ணோட்டமிடப்படும் வரிகளின் எண்ணிக்கை, ஒரு நிமிடத்தில் பட்டகம் சுற்றும் சுற்றுகளைப்போல் மூன்று மடங்காக இருக்கும். வரிக்கண்ணோட்ட மிடப்பட்ட பாகங்களால் விரவலாகப் பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளியை இரண்டு வளைந்த பிரதி பலிக்கும் ஆடிகள் ஒளிக்குழாயினை நோக்கித் திருப்புகின்றன.

மறு உருவாக்கும் கருவியில், ஒரு சிறிய உருளை உள்ளது. அச்சிடும் தண்டு அங்குள்ள நாடாவை உருளையை நோக்கித் தூக்கும்போது செய்திகள் பதிவு செய்யப்படுகின்றன. தந்தி யடிப்பு முறையைவிட நாடா நேர்படி முறையில் சில நன்மைகள் உள்ளன. குறுக்கீடுகளால் தவறான செய்திகளைத் தந்தி யடிக்கும் முறை பதிவு செய்துவிடும். ஆனால், நாடா நேர்படி முறை குறுக்கீடுகளால் அதிகம் பாதிக்கப்படுவதில்லை. அப்படிப் பாதிக்கப்பட்டாலும், செய்திகளைப் படிக்க முடியாமற் போகுமே யல்லாது, தவறான செய்திகள் கண்டிப்பாகப் பதிவாகாது.

நேர்படி, வண்ணப் படங்கள்

நேர்படி முறையில் வண்ணப்படங்களை அனுப்புவதற்குப் பல வழிகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றில் ஒரு வகையில்,

வண்ணப்படம் வரிக்கண்ணோட்டக் கருவியின் உருளைமீது பொருத்தப்பட்டு ஓர் ஒளிப் புள்ளியால் வரிக்கண்ணோட்ட மிடப் படுகிறது. மூன்று வண்ண-வடிப்பான்களைக்கொண்ட தட்டு ஒன்று ஒளிக்குழாய்க்கு முன் சுழன்று கொண்டிருக்கிறது. உருளையின் ஒவ்வொரு சுற்றுக்கும் வடிப்பான்களைக்கொண்ட தட்டு மூன்றில் ஒரு பாகம் சுழல்கிறது. அப்போது ஒளிக் குழாயின்மீது படும் ஒளியின் நிறம் மாறுகிறது. மறு உருவாக்கும் கருவியில் உள்ள பதிவு செய்யும் உருளை, மூன்று மடங்கு அதிக சுற்றளவு கொண்டதாகவும், வரிக்கண்ணோட்ட உருளையின் வேகத்தில் மூன்றில் ஒரு பங்கு கோணத் திசைவேகம் (angular velocity) கொண்டதாகவும் இருக்கும். அனுப்பப்படும் படத்தின் அளவேயுள்ள மூன்று படச்சுருள்கள் (films) பதிவு செய்யும் உருளையின்மீது அடுத்தடுத்துப் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். மூன்று வண்ண-வடிப்பான்களைக்கொண்டு பெறப்படும் மின் சைகை களின் மூன்று தனித்தனி வண்ண நெகட்டிவ்கள் கிடைக்கின்றன. அவற்றைச் சாதாரணமான நிழற்பட முறைகளில், வண்ணப் படமாக எடுக்க முடியும்.

அண்மையில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட நவீன முறை ஒன்றினால் வண்ணப்படத்தை நேரடியாகப் பதிவு செய்ய முடிகிறது. இம் முறையைப் ஃபில்பாட், ஃபின்ச் (Philpott, Finch) ஆகியோர் கண்டு பிடித்தனர். இதிலும் வரிக்கண்ணோட்டமிடும் கருவி மேற்சொன்ன முறையிலேயே கையாளப்படுகிறது. இதில் ஒவ்வொரு வரியும் அடுத்தடுத்துச் சிவப்பு, பச்சை, நீல வடிப்பான்களைக்கொண்டும், வடிப்பான் இல்லாமலும் வரிக்கண்ணோட்ட மிடப்படுகிறது. மறு உருவாக்கும் கருவிகளில் சிவப்பு, நீலம், மஞ்சள், கறுப்பு ஆகிய நான்கு வண்ணப் பென்சில்கள், ஒரு சுழலும் தட்டில் நான்கு இடங்களில் பொருத்தப்பட்டுள்ளன. ஒளிக்குழாயிலிருந்து வெளிப் படும் ஒத்த சைகைகளினால் இந்தப் பென்சில்கள் கட்டுப்படுத்தப் பட்டு, அடுத்தடுத்த இணைக் கோடுகளை ஒரு வெள்ளைத் தாளின் மீது வரைகின்றன. இவ்வாறு வரையப்பட்ட கோடுகள் இறுதியில் வண்ணப் படத்தை நேரடியாகத் தருகின்றன.

26. தொலைக்காட்சி

தொலைக் காட்சிக்கும் நேர்படிக்கும் இடையிலுள்ள முக்கிய வேறுபாடு அவற்றை அனுப்பும் வேகத்தைப் பொறுத்ததுதான் என்பதைச் சென்ற பகுதியின் தொடக்கத்தில் பார்த்தோம். இதைத் தவிர, தொலைக்காட்சியில் அனுப்பப்பட வேண்டிய காட்சி அல்லது செய்தி ஒரு தட்டையான பரப்பில் உள்ளதன்று. மேலும், திரும்பப் பெறும் காட்சி நேரடியாகப் பார்க்கும் வகையில் அமைக்கப்பட வேண்டும்.

அடிப்படைத் தேவைகள்

தொலைக்காட்சியில் அனுப்பப்படும் படங்கள் திரைப் படங்களைப் போலத் தொடர்ச்சியாகப் பார்த்துக் கொண்டிருப்பது போன்ற உணர்வை உண்டாக்கவேண்டும். இது காட்சியின் எல்லாப் பிம்பங்களையும் ஒரே பிம்பம்போல் சேர்க்கும் வகையில், வேகமாக அளிப்பதால் சாத்தியமாகிறது. இந்தத் தேவையை, அஃதாவது தொடர்ச்சியாகப் பார்த்துக் கொண்டிருப்பது போன்ற உணர்வை உண்டாக்கத் திரைப்படத் துறையில், ஒரு வினடிக்கு 24 முறை படக் காட்சிகளைத் திரும்பத் திரும்பத் தரும் முறை கையாளப்படுகிறது. இவ்வாறு திரும்பத் திரும்பப் படத்தைத் தரும் எண்ணிக்கை 'சட்ட அதிர்வெண்' (frame frequency) என்று வழங்கப்படுகிறது. அமெரிக்கத் தொலைக் காட்சிகளில் 30 சட்ட அதிர்வெண்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இந்த எண், மின்திறன் அதிர்வெண்ணின் பின்னப் பெருக்கமாக (sub multiple) இருப்பதால், மின் கம்பிகளினின்று வரும் குறுக்கீடுகளால் இவை அதிகமாகப் பாதிக்கப்படுவதில்லை.

சட்ட அதிர்வெண்ணுடன், திரும்பப் பெறும் பிம்பத்தின் நுட்பங்களையும் (details) பொறுத்து வரிக் கண்ணோட்ட வேகம் அமைகிறது. பெறும் பிம்பத்தின் நுட்பம் அல்லது தெளிவு, பிம்பத்தை உண்டாக்கும் வரிகளின் எண்ணிக்கையையும்,

பண்புக்கூறு விகிதத்தையும் (aspect ratio) பொறுத்திருக்கிறது. பண்புக்கூறு விகிதம் என்பது, வரிக்கண்ணோட்டக் கிடக்கை வரி நீளத்திற்கும் படத்தின் உயரத்துக்கும் உள்ள விகிதமாகும். இப்போது தொலைக்காட்சியில் கையாளப்படும் வரிகளின் எண்ணிக்கை 525 ஆகவும், பண்புக் கூறு விகிதம் 4/3 ஆகவும் இருக்கிறது.

தொலைக்காட்சிப் படச் சைகைகள் ஒரு விநாடிக்கு 110 இலட்சம் படக்கூறுகளின் ஒளிச் செறிவுகளை மறு உருவாக்க வேண்டியுள்ளது. படச் சைகைகள், 30 சைக்கிள்கள் முதல் 5·5 மெகா சைக்கிள்கள் வரை அதிர்வெண்கள் கொண்டிருக்க வேண்டும். வரிக் கண்ணோட்டமிடும் புள்ளியின் வரையறைக்குட்பட்ட ஒளிச்செறிவைக் கருத்திற்கொண்டு பார்க்கும்போது, படச் சைகையிலுள்ள பெரும அளவு அதிர்வெண்ணை 4·25 மெகா சைக்கிள் அளவிற்குக் குறைக்கலாமெனத் தெரிகிறது. கிடக்கை செங்குத்துத் திசைகளில் காட்சியின் பிரிப்புச் சமமாக இருக்க வேண்டு மென்பது முக்கியக் குறிக்கோளாக இருந்தால், பெரும அளவு அலைவெண்ணைக் குறைப்பது சாத்தியமாகிறது.

மேற்சொன்ன செய்திகளின் வாயிலாகப் பல உண்மைகளை அறிய முடிகிறது. முதலாவதாக, தொலைக் காட்சியின் படச் சைகைகளைப் பெருக்கப் பயன்படுத்தப்படும் பெருக்கிகள், அசாதாரண அகலங்கொண்ட அதிர்வெண் பட்டைகளைத் திரிபு இல்லாமல் உட்செல்லவிடும் வகையில் அமைக்கப்படவேண்டும் என்பது தெளிவாகிறது. மேலும், தொலைக் காட்சிப் பரப்புதலில் பயன்படுத்தப்படும் ரேடியோ தாங்கி அலைகள் மிகமிக உயர்ந்த அதிர்வெண் நெடுக்கத்தில் இருக்கவேண்டும்.

அடுத்தபடியாக, ஒரு விநாடிக்கு 15,750 வரிகள் போன்ற, வரிக்கண்ணோட்ட மிடும் அதிவேகத்தைக் கருத்திற்கொண்டு பார்த்தால், நேர்படி முறையில் பயன்படுத்தப்படும் எந்திர வகை வரிக்கண்ணோட்டமிடும் கருவிகளைத் தொலைக்காட்சியில் பயன்படுத்த முடியாது என்பதும் தெளிவாகிறது.

முடிவாக, படக்கூறுகளை வரிக்கண்ணோட்டமிடும் மிகமிகக் குறைந்த நேரத்தைக் கருத்திற்கொண்டு பார்த்தால், காட்சிகளின் ஒளிவிளக்கம் மிகமிக ஒத்ததாக இருக்கும். சில தருணங்களில் தவிர மற்றத் தருணங்களில், நேர்படி முறையில் பயன்படுத்தப்படும் ஒற்றை ஒளிக்குழாய் எடுப்பிகளைத் தொலைக்காட்சிகளில் பயன்படுத்த முடியாது என்பதும் தெளிவாகிறது.

ஓர் எடுத்துக்காட்டைப் பார்ப்போம். நல்ல பகல் வேளையில் வெளிப்புறத்தில் உள்ள ஒரு காட்சியை அனுப்பவேண்டும் எனக் கொள்வோம். காட்சிப் பொருள்களின் ஒளிப் பொலிவு ஒரு சதுர அடிக்கு 500 லூமன்கள் எனக் கொள்வோம். இந்தக் காட்சி, ஐந்து சத ஒளியியல் செயல்திறன் உள்ள ஒரு வில்லையால், நான்கு அங்குல நீளமும் 3 அங்குல அகலமும் கொண்ட பரப்பின்மீது பிம்பமாக விழுகிறது எனக் கொள்வோம். படக்கூறின் அளவுள்ள தொளை இந்தப் பரப்பினை வரிக்கண்ணோட்டமிடுகிறது எனக் கொள்வோம். இறுதியாக, தொளையினுல் அனுப்பப்பட்ட ஒளி, ஒரு லூமனுக்கு 20 மைக்ரோ ஆம்ப்பியர் உணர்வு நுட்பமுள்ள ஒளிக்குழாயில் விழட்டும். ஒளிக்குழாய் படச் சைகைகளை உருவாக்குகிறது. பிம்பப் பரப்பின்மீது விழும் மொத்த ஒளியின் அளவு.

$$\frac{500 \times 0{\cdot}05}{12} \doteqdot 2 \text{ லூமன்}$$

$$\text{சாரசரி ஒளி மின்னேட்டம்} = \frac{2{\cdot}2 \times 10^{-5}}{367500} \doteqdot 10^{-10} \text{ ஆம்ப்பியர்}$$

ஒரு படக் கூறைக் கண்ணோட்டமிடும் போது வெளியிடப்படும்

$$\text{மின்னேற்றம்} = \frac{10^{-10}}{11 \times 10^{6}} \doteqdot 10^{-17} \text{ கூலும் அல்லது}$$

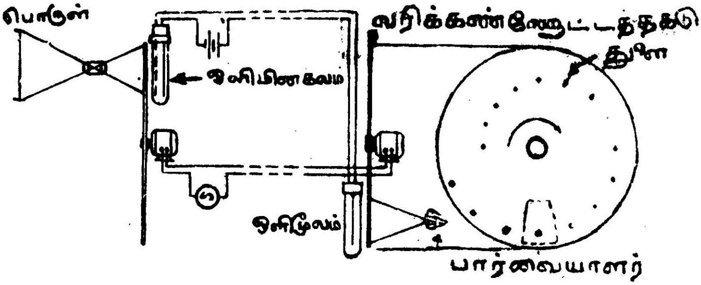
60 எலெக்ட்ரான்கள் ஆகிறது. எனவே, இத்தகைய தகுந்த வாய்ப்பில் கூட, கிடைக்கும் சைகையின் அளவு மிகமிகக் குறைவாக இருந்தபோதிலும், ஒளி எலெக்ட்ரான் வெளியீட்டினுல் உண்டாகும் இரைச்சலை உணரக் கூடியதாகவே இருக்கிறது.

இயந்திர முறைகள்

தொடக்கக் காலத் தொலைக்காட்சிகளில் வரிக் கண்ணோட்டமிடுவதற்கு இயந்திர முறைகளே கையாளப்பட்டு வந்தன. அத்தகைய முறைகளில் பெற்ற படங்கள் இக்காலத் தரத்தை ஒத்தனவல்ல. கி. பி. 1884 ஆம் ஆண்டு பால் நிப்கோ (Paul Nipkow) என்பவர் வரிக் கண்ணோட்டத்தட்டு ஒன்றை உருவாக்கினர். இது நிப்கோ தட்டு (Nipkow disc) என வழங்கப்படுகிறது. இதனைப் பயன்படுத்தும் கருவி ஒன்றின் அமைப்பு, படம் 26.1 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது.

இதில் தட்டின் பரப்பில் சுருள் வடிவில் பல தொளைகள் போடப்பட்டுள்ளன. இந்தத் தொளைகளின் அளவு படக்கூறின் அளவிற்குச் சமமாக இருக்கிறது. இந்தத் தொளைகள் அவற்றிற்கிடையில் ஒரு வரிக்கண்ணோட்டப் பிரிவு உள்ளவாறு,

ஆரவாக்கில் தள்ளி அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இரண்டு தொளை களுக்கு இடையிலுள்ள கோணப் பிரிவு $2\pi/n$ ரேடியன்களாக



படம் 26. 1
நிப்கோ தட்டைப் பயன்படுத்தும் தொலைக் காட்சிக் கருவி.

இருக்கிறது. (n என்பது வரிக் கண்ணோட்ட அமைப்பிலுள்ள வரிகளின் மொத்த எண்ணிக்கையாகும்.) அனுப்பப்பட வேண்டிய காட்சியின் பிம்பம், ஒரு வில்லையால் சுழலும் தட்டின் வட்டப் பரப்பின் மேல் விழச் செய்யப்படுகிறது.

இவ்வாறு விழும் பிம்பத்தின் கிடைக் கோட்டுப் பரிமாணம் அடுத்தடுத்த தொளைகளுக்கு இடையிலுள்ள தொலைவிற்குச் சமமாகவும், செங்குத்துக் கோட்டுப் பரிமாணம் சுருள் தொளை களில் மிக வெளியே உள்ள தொளைக்கும் மிக உள்ளே உள்ள தொளைக்கும் இடையேயுள்ள ஆரப் பிரிப்பிற்குச் சமமாகவும் இருக்கவேண்டும். இப்போது ஒவ்வொரு தொளையும் பிம்பத்தின் குறுக்கில் ஒவ்வொரு வரியை வரிக்கண்ணோட்டமிடுகிறது. சுழலும் தட்டின் ஒரு முழுச்சுற்றுக்குப் பின்னர், பிம்பத்தின் மொத்தப் பாகமும் தொளைகளினால் வரிக்கண்ணோட்டமிடப் பட்டு விடுகிறது.

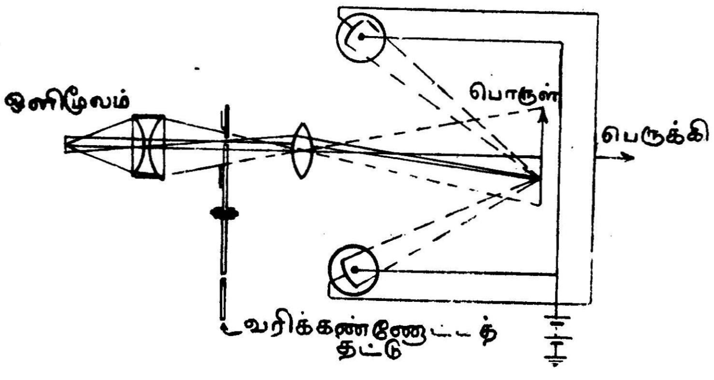
வரிக் கண்ணோட்டத் தட்டிற்குப் பின்புறம் ஓர் ஒளிக் குழாய் வைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் ஒளி எதிர்மின்வாய்ப் பிம்பத்தி லிருந்து வரும் மொத்த ஒளியையும் பெறும் வகையில் பெரிதாக இருக்கிறது. இப்போது ஒளிக்குழாய் படச் சைகைகளை உரு வாக்குகிறது. இந்தப் படச் சைகைகளின் அலைவீச்சு, அடுத் தடுத்த படக் கூறுகளின் பொலிவைப் பொறுத்ததாக இருக்கும்.

இந்தப் படச் சைகைகளைத் தேவையான அளவுக்குப் பெருக்கிய பின்னர், ஒரு வாயு மின்னிறக்கக் குழாயைக் கட்டுப் படுத்தப் பயன்படுத்தலாம். வாயு மின்னிறக்கக் குழாயின் முன்

அமைக்கப்பட்டுள்ள நிப்கோ தட்டு, வரிக் கண்ணோட்டத் தட்டுக்கு இசைந்தவாறு சுற்றப்படுகிறது. வாயு மின்னிறக்கக் குழாய் பிம்பத்தின் பரப்பு முழுவதையும் ஒளிரச் செய்யும் அளவினதாகவும், இரண்டு தட்டுகளும் வேண்டிய அளவு வேகமாகவும் சுழற்றப்பட்டால், மறு உருவாக்கும் தட்டின் பரப்பில் அனுப்பப்பட்ட காட்சியைக் காணலாம்.

பறக்கும் புள்ளி வரிக்கண்ணோட்டம்

மேற்சொன்ன முறையில், தொலைக் காட்சிகளை, மிகவும் தகுந்த, உகந்த சூழ் நிலைகளில் மட்டுமே அனுப்பமுடியும். இதில் சில திருத்தங்கள் செய்யப்பட்ட அமைப்பு, படம் 26. 2-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இக் கருவியில் ஒரு வலிமையான ஒளி மூலத்திலிருந்து வெளிப்படும் ஒளி, ஒரு மூடியின் (mask) மீது



படம் 26. 2
பறக்கும் புள்ளி வரிக்கண்ணோட்டம்.

விழுகிறது. இந்த மூடி தன்னுள் ஒரு பரப்பைக் கொண்டுள்ளது இப் பரப்பின் அகலம், வரிக்கண்ணோட்டமிடும் தட்டில் உள்ள அமைப்பின் அகலத்திற்குச் சமமாக இருக்கிறது.

தட்டின் வரிக்கண்ணோட்டமிடும் பாகத்தின் பிம்பம் ஒரு குவி வில்லையினால் அனுப்பப்படவேண்டிய காட்சிமீது விழச் செய்யப்படுகிறது. மற்றொரு குவி வில்லை, ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் ஒளியைப் பொருளருகு வில்லையின்மீது குவிக்கிறது. இதனால், மூடியின்மீது விழுவதால் ஏற்படும் ஒளிச் சிதறல் தடுக்கப்படுகிறது.

இத்தகைய அமைப்பில் வரிக்கண்ணோட்டத் தட்டு சுழலும் போது, ஓர் ஒளிப்புள்ளி கிடைக்கிறது. இது வரிக் கண்ணோட்ட மிடும் தட்டின்மீதுள்ள தொளையின் குவிப் பிம்பமாகும். இவ்வாறு கிடைக்கும் ஒளிப்புள்ளி, காட்சியின்மீது சென்று வரிக் கண்ணோட்டமிடும் அமைப்புக் கிடைக்கிறது. இதன் காரணமாகக் காட்சியினால் பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளி, ஒளிப்புள்ளியைச் சூழுக் கிட்டுப் பின்னர் ஓர் ஒளிக்குழாயின் எதிர்மின்வாயில் விழுகிறது.

இத்தகைய அமைப்பில், அதிக ஒளியைச் சேர்க்கும் வகையில் தனி வகையான, அதிக பரப்புக்கொண்ட, எதிர்மின்வாயை உடைய ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. அவ்வா றின்றி வழக்கமான ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்படுத்தினால், சிதறும் ஒளி, சில பிரதிபலிப்பான்களைக் கொண்டு ஒளிக் குழாய்களை நோக்கித் திருப்பப்படுகிறது. இந்த ஒளிக்குழாய் களின் ஒளி மின்னோட்டத்தின் கூட்டு, தேவையான பட மின் சைகைகளைத் தருகிறது.

இதனைப் போன்ற, தலைகீழ் வரிக்கண்ணோட்ட அமைப்பு முறையைக் கி.பி. 1910ஆம் ஆண்டு எக்ஸ்ட்ரோம் (Ekstrom) என்பவர் உருவாக்கினார். இது "பறக்கும் ஒளிப்புள்ளி வரிக் கண்ணோட்டம்" (flying spot scanning) என்று பொதுவாக வழங்கப்படுகிறது. இத்தகைய பறக்கும் புள்ளி முறை, நேரடி யாக வரிக்கண்ணோட்டமிடும் முறையைவிட இரண்டு விதங்களில் சிறந்ததாக இருக்கிறது.

முதலாவதாக, வரிக் கண்ணோட்டமிடப்பட வேண்டிய பொருள் மிகுந்த ஒளிப் பொலிவு பெறும்படி ஒளியைப் பாய்ச்ச முடிகிறது.

இரண்டாவதாக, பொருளினால் பிரதிபலிக்கப்பட்ட ஒளியில் அதிக பாகத்தைச் சேகரிக்க முடிகிறது. இது நேரடி வரிக்கண் ணோட்டக் கருவியில் உள்ள பொருளருகு வில்லையால் சேகரிக்கப் படும் ஒளியைவிட அதிகமாக இருக்கிறது.

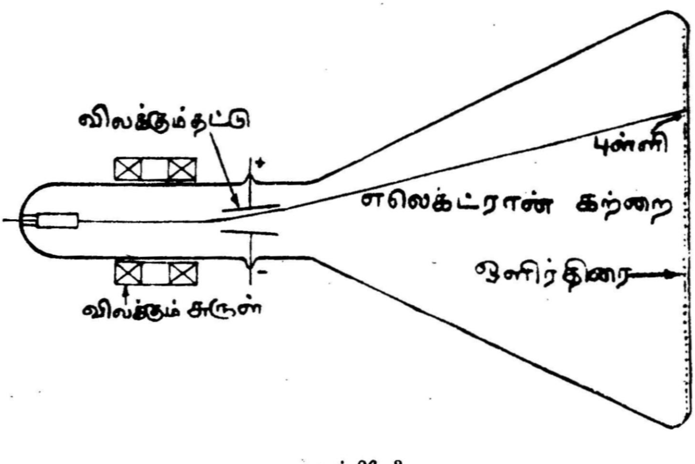
பறக்கும் ஒளிப்புள்ளி வரிக்கண்ணோட்டம் இரண்டு குறை களையும் கொண்டுள்ளது. முதலாவதாக, இத்தகைய கருவிகள் சாதாரண ஒளி விளக்கத்தில் திறம்படச் செயல்படுவதில்லை. இரண்டாவதாக, ஒரே வகையான பிரதிபலிப்புத் தன்மை வாய்ந்த இரண்டு பாகங்களில், ஒன்று மற்றொன்றைவிட அதிக தொலைவில் இருந்தால், தொலைவில் இருக்கும் பொருள் கறுப் பாகத் தெரிகிறது.

எலெக்ட்ரானிக் முறை

பறக்கும் புள்ளி வரிக்கண்ணோட்ட அமைப்பில் அடையக் கூடிய பிரிதிறன் (resolution) வரிக் கண்ணோட்டத்தட்டின் பெரும அளவு பருமனால் நிர்ணயிக்கப்படுகிறது. இக் காலத் தொலைக் காட்சித் துறையில் இந்தப் பெரும அளவு பிரிதிறனும் அடைந்து விடப்பட்டது. எனினும், அதிகமான பிரிதிறன் கொண்ட இயந்திர வகைக் கருவிகள் சிக்கல் நிறைந்தனவாகவும் அவற்றை இயக் குவதில் இடுக்கண்கள் நிறைந்தனவாகவும் இருக்கின்றன.

உண்மையில் கூறப்போனால், தொலைக் காட்சி முறையில் பெரிய பரும அளவுகளை இயங்கச் செய்யும் இயந்திர வகை வரிக்கண்ணோட்டங்களை நீக்கும் வகைகளை அறியாமல் இருந்திருந் தால், இப்போதைய அளவுக்குத் தொலைக்காட்சி பிரபலமாகி இருக்க முடியாது; அதிகமான மக்களால் பயன்படுத்தப்பட முடியாமலும் போயிருக்கும்.

எலெக்ட்ரானிக் பறக்கும் புள்ளி வரிக்கண்ணோட்ட (electronic flying spot scanning) அமைப்பு உருவாக்கப்பட்டதன் மூலம், இயந்திர வகைக் கருவிகளிலுள்ள இடர்ப்பாடுகளையெல்லாம் ஒருவாறு நீக்க முடிந்தது. இத்தகைய முறையில், அதிக திசை



படம் 26. 3
எதிர்மின் கதிர்க் குழாய்.

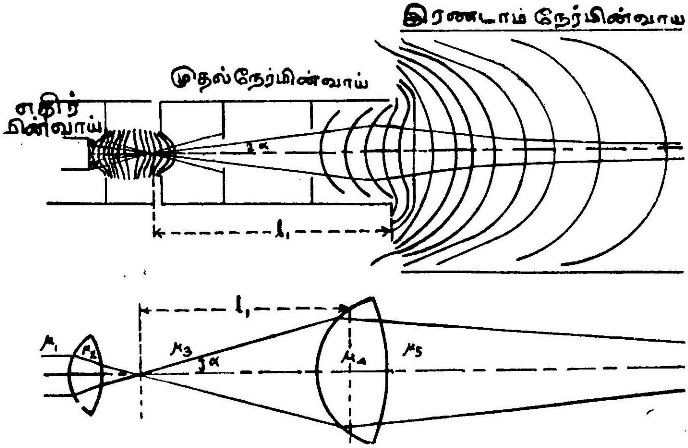
வேகம் கொண்ட எலெக்ட்ரான் கற்றையைக் காந்தப் புலங் களையும் மின்புலங்களையும் கொண்டு விலக்கும் (deflecting) தத்துவம் பயன்படுத்தப்படுகிறது. எதிர்மின் கதிர்க் குழாய்

களில், எலெக்ட்ரான் கற்றையின் விலக்கத்தைக் கொண்டு காந்தப் புலத்தையும் மின்புலத்தையும் உண்டாக்கும் மின்னழுத்தத்தையும் மின்னோட்டத்தையும் அளக்கலாம்.

இத்தகைய ஓர் எதிர்மின் கதிர்க் குழாயின் அமைப்பைப் படம் 26.3-ல் காணலாம். இக் கருவியிலுள்ள முக்கியமான பாகங்கள் :

1. எலெக்ட்ரான்களை ஒரு குறுகிய புள்ளியாகக் குவிக்கும் எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி (electron gun).
2. எலெக்ட்ரான் கற்றையை விலக்கும் காந்தப் புலம் அல்லது மின்புலம்.
3. எலெக்ட்ரான் கற்றையின் இயக்க ஆற்றலில் ஒரு பகுதியை ஒளியாக மாற்றும் ஒளிரும் திரை.

ஓர் எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கியின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றம் படம் 26.4-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதில் எலெக்ட்ரான்களை வெளியிடும் ஓர் எதிர்மின்வாய் உள்ளது. இந்த எதிர் மின்வாயிலிருந்து வெளிப்படும் எலெக்ட்ரான்களின் எண்ணிக் கையைக் கட்டுப்படுத்தும் கிரிடும், அதை யடுத்து இரண்டு



படம் 26.4
எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி.

நேர்மின்வாய்களும் அமைக்கப்பட்டுள்ளன. இதில் உள்ள எதிர் மின்வாய் ஆக்சிஜன் ஏற்றப்பட்ட ஒரு வட்டமான தட்டு. மறை முகமாக வெப்பமூட்டப்படும் உருளையின் ஒரு முனையில் இத்

தட்டுப் பொருத்தப்பட்டுள்ளது. மற்ற மின்வாய்கள் சமச்சீர் அச்சில் மின்புலத்தை உருவாக்குகின்றன. இது எலெக்ட்ரான் களின்மீது இரண்டு குவிக்கும் வில்லைகளைப் போன்று செயல் படுகிறது.

படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள வளைந்த கோடுகள் சமமான மின் னழுத்தப் பரப்பைக் காட்டுகின்றன. இரண்டு நேர்மின்வாய் களுக்கு மிடையில் உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டினால் இந்த இரண்டு குழாய்களுக்கும் இடையில் உருவாகும் எலெக்ட்ரான் வில்லை, எலெக்ட்ரான் கற்றையில் குறைந்த குறுக்களவுள்ள புள்ளியை ஒளிரும் திரையின்மீது பிம்பப்படுத்தும் வகையில் அமைக்கப்பட்டுள்ளது.

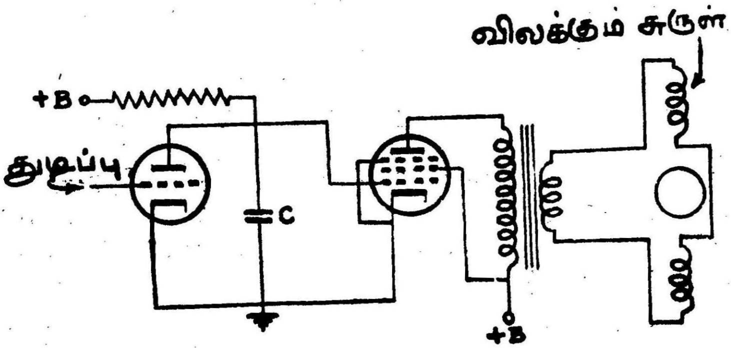
இவ்வாறு கிடைக்கும் எலெக்ட்ரான் கற்றையின் விலக்கம் குழாயினுள் அமைக்கப்பட்டுள்ள விலக்கும் இணைத் தட்டுகளின் மூலம் அல்லது குழாயின் மீது அமைக்கப்பட்டுள்ள இரண்டு கம்பிச் சுருளால் செங்குத்துத் திசைகளில் நடைபெறுகிறது. இணைத் தட்டுகளையும் இணைக் கம்பிச் சுருள்களையும் கொண்டும் விலக்கம் நடைபெறுகிறது. தொலைக்காட்சித் துறையில் காந்தப் புல விலக்கம் மட்டுமே பயன்படுத்தப்படுகிறது.

இத்தகைய அமைப்பில் ரம்பப் பல் உருவங்கொண்ட மாறு திசை மின்னோட்டம் இரண்டு கம்பிச் சுருள்களின் வாயிலாகச் செலுத்தப்படுவதாகக் கொள்வோம். கிடக்கை விலக்கல் சுரு ளின் வழியாக வினாடிக்கு 15,750 சைக்கிள் வரி-அதிர்வெண்கள் (line frequency) கொண்ட மின்னோட்டமும், செங்குத்து விலகல் சுருளின் வழியாக வினாடிக்கு 60 சைக்கிள் புல-அதிர்வெண் (field frequency) கொண்ட மின்னோட்டமும் அளிக்கப்படுவதாகக் கொள்வோம்.

இத்தகைய மின் அலைவுகளைப் படம் 26.5-ல் காட்டப்பட் டுள்ளது போன்ற மின் சுற்றுகளைக்கொண்டு பெற முடிகிறது. படத்தில் காட்டப்பட்டுள்ள மின்தேக்கி C, மின்தடை R வாயிலாக மின்னூட்டம் பெறுகிறது. இதனால் பென்டோட் குழாயிலுள்ள கிரிடின் மின்னழுத்தம் சீராக உயர்ந்துகொண்டே செல்கிறது. இத்தகைய மின்னழுத்த உயர்வு, நேர்மின் துடிப்பு டிரையோட் வால்வின் கிரிடில் பாய்ந்து அதனைக் கடத்தும்படி செய்து மின்தேக்கியில் மின்னிறக்கம் (discharge) செய்யும் வரையில் நடை பெறுகிறது.

இவ்வாறு மின்னிறக்கம் முடிவுற்ற பின்னர்த் திரும்பவும் மின்னழுத்த உயர்வு நடைபெறுகிறது. இவ்வாறு இவை மாறி

மாறி நடைபெறுகின்றன. இதனால் தேவையான ரம்பப் பல் மின்னோட்டம் கிடைக்கிறது. இந்த மின்சுற்றில் பென்டோட்



படம் 26. 5
விலக்கும் மின்னோட்டங்களை உருவாக்கும் மின்சுற்று.

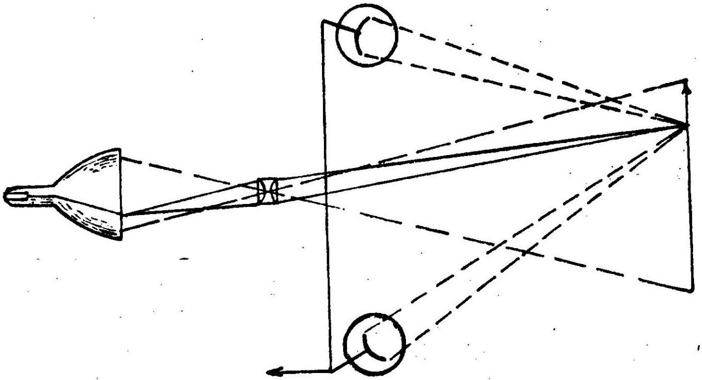
குழாயின் முக்கிய வேலை, அதன் கிரிடுக்கு அளிக்கப்படும் ரம்பப் பல் மின்னழுத்த வேறுபாட்டை இதேபோன்ற மின்னோட்ட வேறுபாடாக மின்மாற்றிக்கு அளிப்பதேயாகும். இவ்வாறு மின் மாற்றியிலிருந்து கிடைக்கும் மின்னோட்டம் விலக்கும் மின்னோட்டத்தைத் தருகிறது.

மேற்சொன்ன ரம்பப் பல் மின்னோட்டத்தை (saw-tooth current) விலகு கம்பிச் சுருள்களுக்கு அளிப்பதன் மூலம், எதிர் மின் கதிர்க் குழாயின் ஒளிரும் திரையில் நகரும் புள்ளியால் அடுத்தடுத்த கிடக்கை இணைக் கோடுகளைப் பெற்று ஒருபடித்தர வரிக்கண்ணோட்ட அமைப்புப் பெறப்படுகிறது.

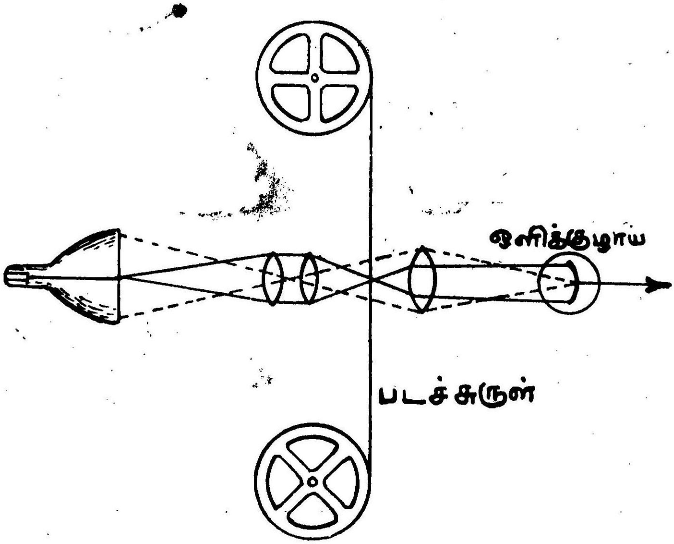
இத்தகைய எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில். படக் கூறை வரிக் கண்ணோட்ட மிடத் தேவையான நேரத்தைவிட மிகக் குறைவான நேரத்தில் ஒளியை வெளிவிடும் ஒளிரும் திரையைப் பொருத்தினால், அதுவே பறக்கும் புள்ளிக் குழாயாகிறது. அனுப்பப்பட வேண்டிய காட்சியின்மீது திரைப் பிம்பமாக விழச் செய்யப்பட்டு அதனால் பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளி ஒளிக்குழாய்களின் வழியாகச் சேகரிக்கப்பட்டு மின் சைகைகளாக மாற்றப்பட்டு அனுப்பப் படுகின்றன. இம் முறையைப் படம் 26. 6 - ல் காணலாம்.

இத்தகைய எலெக்ட்ரானிக் தொலைக்காட்சி எடுப்பிகளின் அடிப்படைத் தத்துவம் மிகவும் பழமையானதுதான். எனினும், இதனை நல்ல முறையில் பயன்படுத்த ஒளிரும் நீடிப்புத்தன்மை

குறைவாக உள்ள திரைகளும், தகுந்த பெருக்கி - ஒளிமின் கலங்களும் தேவைப்படுகின்றன.



படம் 26. 6
எலெக்ட்ரானிக் பறக்கும் புள்ளிமுறை.



படம் 26. 7
பறக்கும் புள்ளி எடுப்பி.

பறக்கும் புள்ளி எடுப்பி (flying spot pick up) ஒன்று படம் 26. 7-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இங்குக் கிடக்கைத்தள விலகல் சுருள் மட்டுமே பயன்படுத்தப்படுகிறது. செங்குத்து விலகல்,

படச்சுருளைச் சீரான வேகத்தில் சுற்றுவதன் மூலம் நடைபெறு கிறது. மேலும், படத்திலிருந்து பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளியைச் சேகரிக்க, அகன்ற எதிர்மின்வாய் கொண்ட ஒளிக் குழாய் களையோ அல்லது பிரதிபலிக்கும் கண்ணாடிகளையோ பயன் படுத்த வேண்டிய தேவையும் தவிர்க்கப்படுகிறது. இத் தகைய தொலைக்காட்சி அனுப்பு முறைக்குச் சாதாரண ஒளிக் குழாய்களே போதுமானவை.

கினெஸ்கோப்

தொலைக்காட்சிப் பிம்பங்களை மறு உருவாக்குவதற்கு, தொலைக் காட்சி எடுப்பிகளில் பயன்படுத்துவதற்கு முன்னரே, வேறு கருவிகளிலும் எலெக்ட்ரானிக் கருவிகள் பயன்படுத்தப்பட்டன. அக் கருவிகளில் முக்கியமானது கினெஸ்கோப் (Kinescope). இது **எலெக்ட்ரானிக் காட்சிக் கருவி** (electronic viewing tube) எனவும் கூறப்படும். இந்தக் கினெஸ்கோப், பறக்கும் புள்ளிக் குழாயிலிருந்து இரண்டு வழிகளில் மாறுபடுகிறது.

முதலாவதாக, இதிலுள்ள எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கியின் கட்டுப்படுத்தும் கிரிட் ஒரே சீரான மின்னழுத்தத்தில் வைக்கப் படுவதில்லை. மாறாக, படச் சைகைகளின் மாறுபாட்டிற்குத் தகுந்த வாறு மாறுபடு மின்னழுத்தம் தரப்படுகிறது இதனால் ஒளிரும் திரையிலுள்ள புள்ளியின் பொலிவு படச் சைகைக்கு ஒப்ப மாறு படுகிறது

இரண்டாவதாக, நீண்ட நேரத்துக்கு ஒளிரும் தன்மை வாய்ந்த பாஸ்பர்கள் ஒளிரும் திரைக்குப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. இதற்குத் தகுந்தவாறு சிங்க் சல்ஃபைடு, சிங்க் காட்மியம் சல்ஃபைடு (zinc cadmium sulphide) போன்ற பாஸ் பர்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இத்தகைய ஒளிரும் திரை களைப் பயன்படுத்துவதால், எலெக்ட்ரான் ஆற்றலை ஒளியாக மாற்றும் திறன் அதிகமாக்கப்படுவதுடன், சிமிட்டல் தன்மையும் (flickening effects) குறைக்கப்படுகிறது.

ஒளிரும் திரையில் உருவாக்கப்படும் காட்சியின் பிம்பத்தை நேரடியாகவும் காணலாம்; அல்லது ஒளி இயல் முறைகளைக் கொண்டு பெரிதாக்கி வேறு திரையின்மீது திரையிட்டும் காண லாம். நேரடியாகக் காணும் கினெஸ்கோப்புகள் 4 முதல் 12 கிலோவோல்ட் மின்னழுத்தத்தில் செயல்படுகின்றன. வீடுகளில் பயன்படுத்தப்படும் சிறிய கருவிகள் 30 கிலோவோல்ட் மின்னழுத் தத்திலும், திரை அரங்குகளில் பயன்படுத்தப்படும் பெரிய

கருவிகள் 1000 கிலோவோல்ட் மின்னழுத்தத்திலும் செயல்படுகின்றன.

ஒளிரும் திரையின் உட்புறத்தில் அலுமினியம் பூசுவதன் மூலம் நல்ல செயல்திறன் பெறமுடிகிறது. இவ்வாறு உலோகப் பூச்சிடுவதால், எலெக்ட்ரான்களின் மோதலால் திரை மின்னூட்டம் பெறுவது தவிர்க்கப்படுவதுடன், அதிக ஒளியை முன்னோக்கிய திசையில் செலுத்தவும் முடிகிறது.

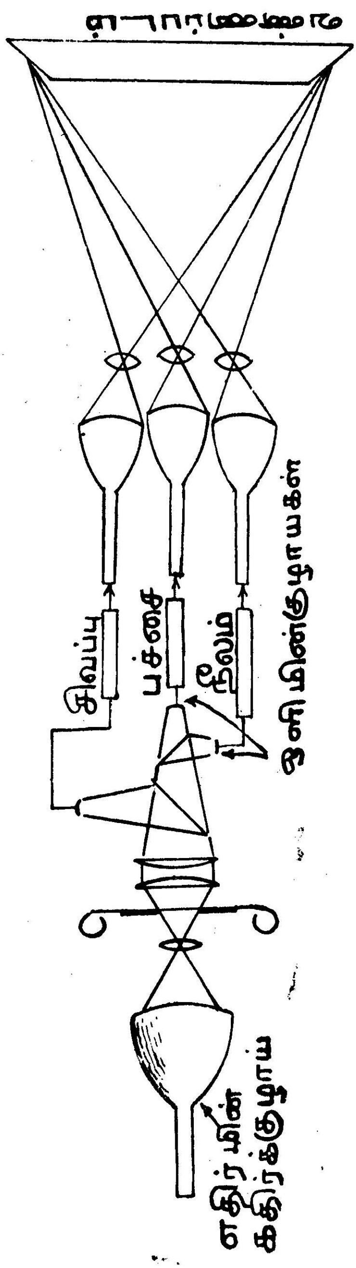
வண்ணப் படங்களை அனுப்பும் முறை

வண்ணப் படங்களை அவற்றின் இயற்கை வண்ணங்களுடன் அனுப்புவதற்குப் பறக்கும் புள்ளி வரிக் கண்ணோட்டமிடும் முறையை எளிதாக மாற்றி யமைக்க முடிகிறது. அத்தகைய ஓர் அமைப்பு, படம் 26. 8-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இதற்கான பறக்கும் புள்ளிக் குழாயில் வெண்மையான ஒளிரும் திரை இருக்கிறது. குழாயின் வரிக்கண்ணோட்ட அமைப்பிலிருந்து திரையில் படும் ஒளி, வில்லைகளின் வாயிலாக, மூன்று பெருக்கி-ஒளிக்குழாய்களை அடைகிறது.

வடிப்பான்களைக் கொண்டு, படத்தின் பிம்பத்தால் கடத்தப் பட்ட ஒளியில் உள்ள சிவப்பு வண்ண ஒளி ஒரு பெருக்கி-ஒளிக் குழாயின் எதிர்மின்வாய் மீதும், பச்சை வண்ண ஒளி மற்றொரு பெருக்கி-ஒளிக்குழாயின் மீதும், நீல வண்ண ஒளி மூன்றாவது ஒளிக்குழாயின் மீதும் விழச் செய்யப்படுகிறது.

இவ்வாறு மூன்று ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்படுத்திக் கிடைக்கும் படச் சைகைகள் தனித்தனி ரேடியோ அல்லது கேபிள் முறைகளின் வழியாகப் பெறவேண்டிய இடத்திற்கு அனுப்பப் படுகின்றன. பெறும் நிலையத்தில் இந்தச் சைகைகள் மூன்று தனித்தனி கினெஸ்கோப்புகளின் வரிக்கண்ணோட்டக் கற்றைகளைக் கட்டுப்படுத்தப் பயன்படுகின்றன.

இந்தக் கினெஸ்கோப்புகளின் திரைகள் பிரத்தியேக வடிப்பான்களுடன் கூடியனவாக உள்ளன. இதனால் இதன் திரைகளில் கிடைக்கும் பிம்பங்கள் சிவப்பு, பச்சை, நீறநிறப் பிம்பங்களாக இருக்கின்றன. இந்த மூன்று நிறப் பிம்பங்களும் ஓர் ஒளியியல் அமைப்பின் மூலம், காணும் திரையின்மீது ஒன்றாக விழச்செய்யப்படுகிறது. இவ்வாறு செய்யும்போது, அனுப்பப் பட்ட படத்தைப் போன்ற இயற்கை வண்ணங்களுடன் கூடிய படத்தைப் பெற முடிகிறது.

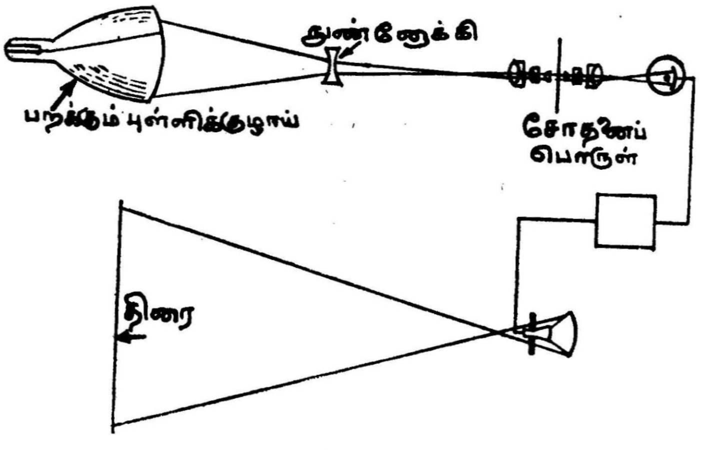


படம் 26. 8
வண்ணப் படங்களை அனுப்பும் முறை.

பறக்கும் புள்ளி நுண்ணோக்கி

பறக்கும் புள்ளிக் குழாயின் வரிக்கண்ணோட்ட அமைப்பு, ஓர் ஆற்றல் வாய்ந்த நுண்ணோக்கியின் பொருளருகு வில்லையால், ஒரு நுண்ணிய சோதனைப் பொருளின்மீது பிம்பமாக்கப்பட்டு, கடத்தப்பட்ட ஒளியை ஒரு பெருக்கி-ஒளிக்குழாயின் எதிர் மின்வாயின்மீது விழச் செய்து கிடைக்கும் ஒளிமின்னோட்டத்தைக் கொண்டு, ஒரு தொலைக்காட்சிக் கருவியின் திரையில், நுண்ணிய சோதனைப் பொருளின் உருப்பெருக்கப்பட்ட பிம்பத்தைப் பெரிய அளவில் காணலாம்.

உருப்பெருக்கம், பெறும் கருவியின் திரையில் உருவாகும் பிம்பத்தின் அளவிற்கும் சோதனைப் பொருளின் அளவிற்கும் உள்ள விகிதமாகும். மிக அதிக உருப்பெருக்கம் பெறுவதற்கு ஓர் ஒளி நுண்வரைபட (photomicrographic) காமிராவில் தட்டுப் பொருத்தப்படும் இடத்தில் பறக்கும் புள்ளிக் குழாயையும், குவிக்கும் வில்லையின் இடத்தில் பெருக்கி-ஒளிக் குழாயையும் பொருத்திப் பெறலாம்.



படம் 26. 9
பறக்கும் புள்ளி நுண்ணோக்கி.

பறக்கும் புள்ளி நுண்ணோக்கியின் பொதுவான அமைப்பைப் படம் 26.9-ல் காணலாம். இத்தகைய கருவிகள், சாதாரண ஒளி நுண்ணோக்கியின் பிரிதிறன் அளவே உள்ளவை என்றாலும், இவற்றைக் கொண்டு ஒரே நேரத்தில் பலரும் காணத்தக்க வகையில், பெரிய திரைகளில் நுண்ணிய பொருள்களின் உருப் பெருக்கப் பிம்பங்களைத் திரையிடலாம்.

ஒளி உணர் காமிராக் குழாய்கள்

தொலேக்காட்சியின் தொடக்கக் காலங்களில் ஒளிக் குழாய்கள் அதன் இன்றியமையா உறுப்புகளாக இருந்தன. ஒளி உணர் காமிராக் குழாய்கள் கண்டுபிடிக்கப் பட்ட பின்னர்த் தொலேக்காட்சித் துறையில் ஒளிக் குழாய்களின் தேவை மிகவும் குறைந்துவிட்டது. எனினும், சில தனிப்பட்ட செயல்முறை களுக்கு ஒளிக்குழாய்களே இன்னமும் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

காமிராக் குழாய்களைப் பயன்படுத்துவதால் வரிக்கண்ணோட் டமிடும் வேலேயும், மின் சைகைகளே உண்டாக்கும் வேலேயும் ஒரே நேரத்தில் செய்து முடிக்கப்பட்டு விடுகின்றன. ஒளிக்குழாய் எடுப்பிகள் பொருத்தப்பட்ட பறக்கும் புள்ளி வரிக்கண்ணோட்ட முறையுடன் ஒப்பிடும்போது காமிராக் குழாய்கள் பெற்றுள்ள அனுகூலங்கள் வருமாறு :

1. காமிராக் குழாய்கள் சாதாரண ஒளிவிளக்கங்களில் கூடத் திறம்பட வேலே செய்கின்றன.
2. படத் தெளிவு (details) பொருளுக்கும் எடுப்பிக்கும் இடைப்பட்ட தொலேவைப் பொறுத்ததன்று.
3. இதிலுள்ள ஐகனொஸ்கோப் (iconoscope) கருவிகள் இதன் உணர்வுநுட்பத்தை அதிகமாக்குகின்றன.

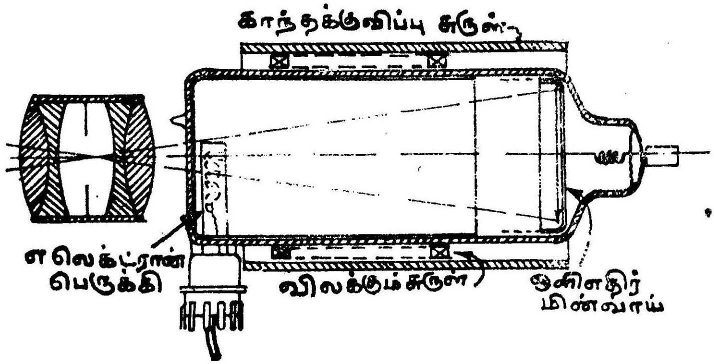
மேற்சொன்ன அனுகூலங்களில் முதலிரண்டும் திரைப்படத் துறையில் தேவையில்லாதவை. எனவே, அத் துறையில் பறக்கும் புள்ளிக் குழாய்களே இன்னமும் பயன்படுத்தப்பட்டு வரு கின்றன.

பிம்பப் பகுப்பி

எலெக்ட்ரானிக் வரிக்கண்ணோட்ட அமைப்பைக்கொண்ட நிப்கோ தட்டு எடுப்பியின் திருத்தப்பட்ட அமைப்பாகப் பிம்பப் பகுப்பியைக் (image dissector) கூறலாம். ஃபார்ன்ஸ்வொர்த் (Farnsworth) பிம்பப் பகுப்பியின் அமைப்பைப் படம் 26. 10 - ல் காணலாம்.

இதில் ஒரு பிம்பக் குழாய் இருக்கிறது. ஆனல், பிம்பக் குழாயிலுள்ள ஒளிரும் திரை நீக்கப்பட்டு அதற்குப் பதிலாக ஒரு படக் கூறின் அளவேயுள்ள நுண்ணியத் தொளே உள்ளது. இந்தத் தொளேயின் வழியாக வரும் எலெக்ட்ரான்கள் ஒரு பெருக்கி

ஒளிமின் கலத்தால் பெருக்கப்படுகிறது. இது சைகை மின்னோட்டத்திற்கான முன்பெருக்கியாக அமைகிறது. இதனை இன்னும் விளக்கமாகப் பார்க்கலாம்.



படம் 26. 10
பிம்பப் பகுப்பி.

ஒரு வில்லை, அனுப்பப்பட வேண்டிய காட்சியை ஓர் ஒளி எதிர்மின்வாயின்மீது விழச் செய்கிறது. ஒளி விளக்கம் செய்யப்பட்ட எதிர்மின்வாயின் பாகங்களினின்று வெளிவரும் ஒளி எலெக்ட்ரான்கள், நேர்மின்வாய்க்கும் எதிர்மின்வாய்க்கும் இடையிலுள்ள மின்புலத்தினால் முடுக்கப்பட்டு ஒரு சீரான காந்தப் புலத்தினால், பெருக்கியின் முன் உள்ள தொளையின் பரப்பின்மேல் குவிக்கப்படுகின்றன. இரண்டு இணைச்சுருள்கள் குறுக்குக் காந்த விலகு புலங்களை உண்டாக்குகின்றன.

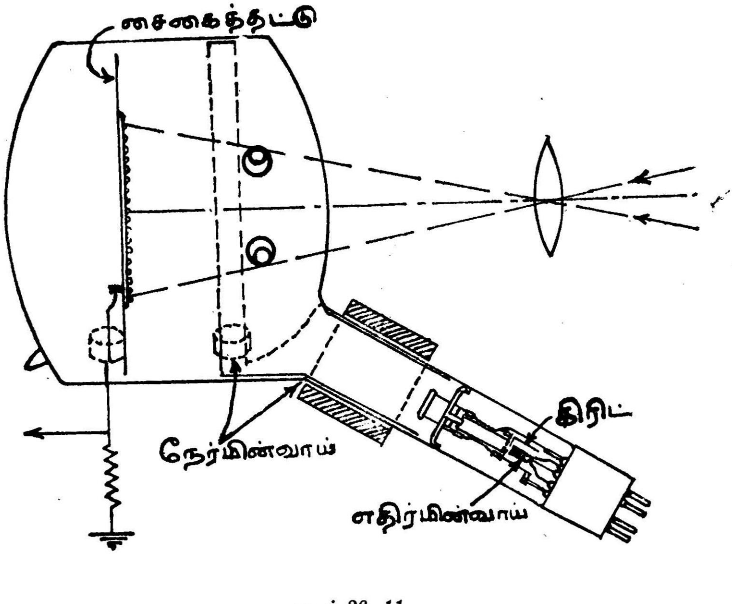
இந்த விலகு புலங்கள் கிடக்கைத் திசையிலும் செங்குத்துத் திசையிலும் எலெக்ட்ரான் பிம்பத்தைத் தொளையின் மேல் விழச் செய்கின்றன. அனுப்பப்பட வேண்டிய காட்சியின் அடுத்தடுத்த படக் கூறுகளின் ஒளி வெளியீட்டைத் தொளை தேர்ந்தெடுக்கிறது. தொளைக்குப் பின்னால் உள்ள ஒளிக்குழாயிலிருந்து ஒளி மின்னோட்டத்தை அனுப்ப இந்த ஒளிவெளியீடுகள் உதவுகின்றன.

பிம்பப் பகுப்பியால் ஒரு வினாடியில் 16,000 வரிகள் வரை விலக்கம் செய்யலாம். இத்தகைய வேகமான விலக்கம் இன்றைய தொலைக்காட்சித் துறையில் பயன்படுத்தப்படுகிறது. தேவை

யானல் இதற்கு மேலும் பிம்பப்பகுப்பியின் வரி விலக்க வேகத்தை அதிகரிக்க முடியும். அனுப்பப்பட வேண்டிய காட்சிகள் போதுமான அளவு ஒளி விளக்கம் பெற்றிருப்பின், பிம்பப் பகுப்பிகளால் அனுப்பப்படும் படங்கள் உயர்ந்த தரமுடையனவாக இருக்கின்றன. எனினும், மற்றக் காமிராக் குழாய்களுடன் ஒப்பிடும்போது, பிம்பப் பகுப்பிகள் குறைந்த உணர்வு நுட்பம் உடையனவாக இருப்பதால், இவை அவ்வளவாகப் பயன்படுத்தப்படுவதில்லை.

ஐகனஸ்கோப்

படம் 26. 11 - ஐப் பார்த்தால் ஐகனஸ்கோப்பின் (iconoscope) அமைப்பைப் பற்றித் தெரிந்துகொள்ளலாம். இதில் பயன்படும் தத்துவம், முந்தைய தொலைக்காட்சி எடுப்பியின்



படம் 26. 11
ஐகனஸ்கோப்.

தத்துவத்தினின்று பெரிதும் மாறுபட்டதாக இருக்கிறது. ஐகனஸ்கோப்பிலும் அனுப்பப்பட வேண்டிய காட்சி ஒரு வில்லையால் ஓர் ஒளி உணர்பரப்பின்மீது விழச் செய்யப்படுகிறது.

ஆனால் இந்த ஒளி உணர்பரப்பு, தொடர்ச்சியாக மின்கடத்தும் தன்மை வாய்ந்த ஒளி எதிர்மின்வாயைப் போன்றதன்று. ஆனால், மைக்கா பரப்பின்மீது படிந்துள்ள ஒளி உணர்கூறுகள் (photosensitive elements) உள்ள ஒரு பட்டையாகும் (mosaic).

ஓர் ஒளி உணர்கூறின் அளவு படக்கூறின் அளவைவிடச் சிறியதாக இருக்கும். எனவே, பட்டையைக் கடத்தாப் பரப்பாகக் கொள்ளுவது பொருத்தமாக இருக்கும். இதன் மறுபுறம் கடத்தும் தன்மை வாய்ந்த, பிளாட்டினம் பூசப்பட்டுள்ளது. இது, ஐகனஸ்கோப்பின் சைகைத் தட்டாக (signal plate) விளங்குகிறது.

இத்தகைய பரப்பு ஒளிவிளக்கம் பெறும் போது, ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் பட்டையிலிருந்து வெளிப்படுகின்றன. மிகுதியாக ஒளிவிளக்கம் பெற்ற பட்டையின் பாகங்களிலிருந்து அதிகமான எலெக்ட்ரான்கள் வெளிப்படுவதால், இந்தப் பாகங்கள் மற்றவற்றைவிட அதிகமான நேர்மின்னேற்றம் பெறுகின்றன. கூர்மையாகக் குவிக்கப்பட்ட 1000 வோல்ட்ஸ் எலெக்ட்ரான் கற்றை, சாதாரணப் படித்தர வரிக்கண்ணோட்ட அமைப்பை ஒத்ததாக இருக்கிறது.

இது குறிப்பிட்ட நேரத்திற்கு ஒரு முறை வரிக்கண்ணோட்டமிடும்போது, படக் கூறுகளின் மின்னழுத்தத்தைச் சமநிலைக்குத் திரும்பச் செய்கிறது. இதனால் பட்டையின் படக் கூறில், ஒளி எலெக்ட்ரான் வெளியீட்டினால் தேக்கப்பட்ட மின்னேற்றம் சைகைத் தட்டின் வாயிலாக வெளிவிடப்படுகிறது. இவ்வாறு வெளிப்பட்ட மின்னேற்றம் பெருக்கியின் அக மின்தடையின் வாயிலாகப் பாய்ந்து, படச் சைகை மின்னழுத்தத்தை உண்டாக்குகிறது.

இதில் ஒவ்வொரு படக் கூறையும் ஓர் ஒளிமின்கலமாகக் கொள்ளலாம். இவற்றைச் சைகைத் தட்டுடன் சேர்த்துப் பார்க்கும்போது, ஒரு மின்தேக்கி இணைந்த மின்கலமாகக் கொள்ளலாம்.

ஐகனஸ்கோப்புகளைக் கொண்டு ஆயிரம் மடங்கு அதிக உணர்வுநுட்பம் கிடைக்கிறது. நல்ல தரமுடைய பிம்பங்கள் கிடைப்பதால், தொலைக்காட்சித் திரைப்படங்களை அனுப்புவதற்கு ஐகனஸ்கோப்புகள் மிகுந்த அளவில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன,

ஆர்திக்கான்

உண்மையான ஐகனாஸ்கோப் எனப் பொருள்படும் ஆர்திக் கான் (orthicon), ஐகனாஸ்கோப்பின் குறைகள் தவிர்ந்த திருத்தப் பட்ட கருவியாக விளங்குகிறது. குறைந்த இயக்க ஆற்றலுடன் ஓர் எலெக்ட்ரான் பட்டையின்மீது பட்டால் அது குறைந்தபட்சம் ஓர் இரண்டாம் நிலை எலெக்ட்ரானை வெளிவிடும் என்ற அடிப் படைத் தத்துவத்தில் ஆர்திக்கான் அமைக்கப்பட்டுள்ளது. இதன் மூலம், அனுப்பப்பட வேண்டிய காட்சியின் பல பகுதி களிலுமுள்ள வெவ்வேறு ஒளிச்செறிவுகள் அப்படியே திரும்பப் பெறப்படுகின்றன. பிம்ப ஆர்திக்கானின் (image orthicon) உணர்வு நுட்பம் மனிதக் கண்ணின் உணர்வு நுட்பத்திற்குச் சமமாக இருக்கிறது.

27. புறச்சிவப்புக் கதிர்களைக் கண்டுணர்தல்

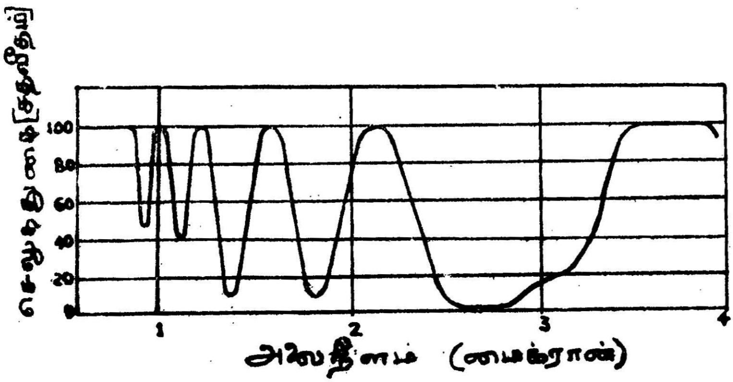
நாம் எவ்வளவுதான் கத்தினாலும் நமது ஒலி ஒரு குறிப்பிட்ட தொலைவிற்குத்தான் கேட்கும். அதையும்விட அதிகமான தொலைவிற்குச் செய்திகளைத் தெரிவிப்பதற்குச் சைகைகளைப் பயன்படுத்துகிறோம். தொன்றுதொட்டே 'ஒளி' ஒரு முக்கிய மான சைகையாக இருந்திருக்கிறது. போர்க் காலங்களில், எதிரி களின் வருகையை நெடுந் தொலைவிலிருந்தே கண்டு தெரிவிப் பதற்கு, தீப்பந்தங்களை அசைத்துக் காட்டும் வழக்கம் நம் நாட்டில் இருந்திருக்கிறது. இன்றைக்கும் ஒளிக் கற்றைகள் செய்தித் தொடர்புக்குப் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. ஆனால், பழைய முறையில் அல்லாமல் முன்னேறிய திருந்திய முறைகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

சாதாரண ஒளிக் கற்றைகளாக இல்லாமல், கண்ணால் பார்க்க முடியாத புறச்சிவப்பு ஒளிக் கற்றைகளாக, ஒளி, செய்தித் தொடர்புக்குப் பயன்படுத்தப்படுகிறது. செய்தித் தொடர்பில் புறச்சிவப்பு ஒளி, ரேடியோ அலைகளைவிட மேலானது. ஏனெ னில் புறச்சிவப்பு ஒளி இயற்கையான அல்லது செயற்கையான மின்காந்தத் தொந்தரவுகளால் பாதிக்கப்படுவதில்லை. மாறி மாறி வேறுபட்ட பாதைகளில் செல்வதால் ஒளிச் சைகைகள் மங்குவதில்லை. புகையோ, பனியோ, மேகங்களோ இந்தச் சைகை களைத் தடுப்பதில்லை. மேலும், வேண்டாத நபர்கள் இந்தச் சைகைகளைக் கண்டுணர்வது (detection) மிகக் கடினமாகும்.

வளிமண்டலத்தில் புறச்சிவப்புக் கதிர்

வளிமண்டலத்திலுள்ள நீராவிப் புறச் சிவப்புக் கதிர்களை உட்கவர்வதால், நாம் பயன்படுத்தக் கூடிய கதிர்களின் அலை நீளங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லைக்குள் கட்டுப்படுத்தப்படு

கின்றன. வளிமண்டலத்தில் நிறமாலைச் செலுத்துகை பற்றி ஜே. ஆர். பிளாட் (J. R. Platt) என்பவர் எடுத்த அளவுகள் படம் 27.1-ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. 5 மைக்ரான் அலை நீளத்திற்கு மேல் போகும்போது உட்கவர்தல் மிக அதிகமாவதால், அதுவே அகச்சிவப்புச் சைகைகளுக்கு மேல் எல்லையாக அமைகிறது.



படம் 27.1
வளிமண்டலத்தில் நிறமாலைச் செலுத்துகை.

புறச் சிவப்புச் சைகைகளைக் கண்டுணரும் கருவிகள் $Ag — CS_2O — C_s$ ஒளிமின் கலமாகவோ அல்லது தாலஸ் சல்ஃபைடு (thallous sulphide) வெளிவிடு-ஒளிமின் கலமாகவோ இருந்தால் 0·8-லிருந்து 1·2 மைக்ரான் வரை உள்ள தொலைவு தான் முக்கியமானதாக இருக்கும். ஆனால், அதைவிட அதிக அலைநீளங்களைப் பயன்படுத்தும்போது வேறு ஒளிமின் கலங்களைப் பயன்படுத்தவேண்டும். 1·5-லிருந்து 1·7 மைக்ரான் வரை லெட் சல்ஃபைடு (lead sulphide) 2·0-லிருந்து 2·3 மைக்ரான் வரை லெட் செலீனைட் (lead selenide), 3·4-லிருந்து 4·3 மைக்ரான் வரை லெட் டெல்லூரைட் (lead telluride) ஒளிமின் கலங்களைப் பயன்படுத்தவேண்டும்.

புறச்சிவப்பு ஒளித் தோற்றுவாய்கள்

வெண்சுடர் டங்க்ஸ்டன் மின்னிழை விளக்குகளே சாதாரணமாகப் புறச் சிவப்பு ஒளித்தோற்றுவாய்களாகப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. சாதாரண வெண்சுடர் விளக்கு இதற்கு நல்ல பலனைத் தருவதில்லை. ஏனெனில், அது ஏற்றப்படும்போதும் அணைக்கப்படும்போதும் உடனே செயல்படுவதில்லை. ஏற்றப்

பட்ட சிறிது நேரம் கழித்துத்தான் முழு ஒளிரும் தன்மையை அடைகிறது.

சாதாரண வெண்சுடர் விளக்குகளைக் கொண்டு மோர்ஸ் குறியீட்டுச் (Morse code) செய்திகளை நிமிடத்திற்கு 8 வார்த்தைகளேதான் அனுப்பமுடியும். குறைந்த வெப்ப நிலைமமுடைய (thermal inertia) மெல்லிய மின்னிழைகளைக் கொண்டு இன்னும் வேகமாகச் செய்திகளை அனுப்ப முடியும். இத்தகைய 6 வாட் 220 வோல்ட் பைலட் விளக்குகளைக் கொண்டு நிமிடத்திற்கு 12 வார்த்தைகளை அனுப்பமுடியும்.

வெண்சுடர் விளக்குகளைப் புறச்சிவப்பு ஒளித் தோற்றுவாய்களாக, இரகசியச் சைகைகளுக்குப் பயன்படுத்தும்போது, கண்ணால் பார்க்கக்கூடிய ஒளியை வடிகட்ட வேண்டிய இன்றியமையாமை ஏற்படுகிறது. ராட்டன் வடிகட்டி 87 (Wratten filter 87) இப் பணியைத் திருப்திகரமாகச் செய்கிறது. பார்க்கக்கூடிய ஒளியைத் துப்புரவாக நீக்குவதற்கு பிளாஸ்டிக் (poloroid *X R X*) அல்லது கண்ணாடி (corning 2540) வடிகட்டிகளைப் பயன்படுத்த வேண்டும். இவை அதிர்ச்சிகளைத் தாங்கக் கூடியனவாகவும், காற்றுப் பட்டாலும் கெடாதவையாகவும், வெப்பநிலைகளைத் தாங்கக்கூடியனவாகவும், நிலையானவையாகவும் இருக்கின்றன.

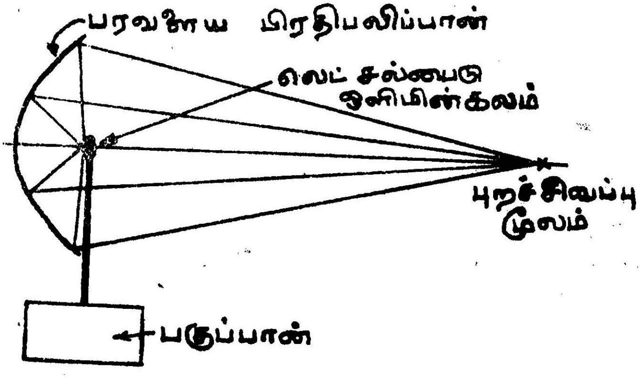
ஒளி மூலங்கள் வெளிவிடும் ஒளியின் அலைகல அதிர்வுகள் பண்பேற்றப்பட வேண்டும். அப்போதுதான் சைகைகளைப் பின்னணி ஒளியிலிருந்து பிரித்துத் தகுந்த முறையில் பெருக்கலாம். தொளைகளையுடைய சுற்றும் தட்டுகளைக் கொண்டு, வெண்சுடர் ஒளியைப் பண்பேற்றலாம். அலைகல அதிர்வுகள் பண்பேற்றப்பட்ட ஒளியை நேரடியாகப் பெறச் சீசியம் (cesium) வாயு விளக்குகளைப் பயன்படுத்தலாம். இவை சீசியம் ஒத்திசைவுக் கதிர்களை, 8521 - லிருந்து 8943 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகுவரை அலைநீளமுள்ள கதிர்களை, வெளியிடுகின்றன. இத்தகைய விளக்குகள் வெண்சுடர் விளக்குகளைப் போல 5 மடங்கு அதிக திறமையானவை.

புறச் சிவப்பு ஒளிக்குறியீடுகளைக் கண்டுணர்தல்

புறச் சிவப்பு ஒளிக் கற்றைகளின் மூலம் அனுப்பப்பட்ட குறியீட்டுச் செய்திகள் (code) அல்லது சைகைகளைக் (signal) கண்டுணரத் தாலஸ் சல்ஃபைடு ஒளிமின் கலத்தையோ அல்லது ஏந்தவிதமான கடத்தி - ஒளிமின் கலத்தையோ அல்லது

ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாய்களையோ பயன்படுத்தலாம். இவற்றில், இரவில் பயன்படுத்த, அதிக நுண்ணுணர்வு வாய்ந்த தாலஸ் சல்ஃபைடு மின்கலம்தான் மிகச்சிறந்தது. காலை நேரத்தில், பின்னணி ஒளி, மின்கலத்தின் செயல்படும் இடத்தைக் குறைந்த உணர் திறனுடைய தாக்குகிறது. லெட் சல்ஃபைடு மின்கலங்களும், சிலிகான் மின்கலங்களும், வெற்றிட ஒளிக் குழாய்களும் காலை நேரத்தில் சிறந்த பலன் தருகின்றன.

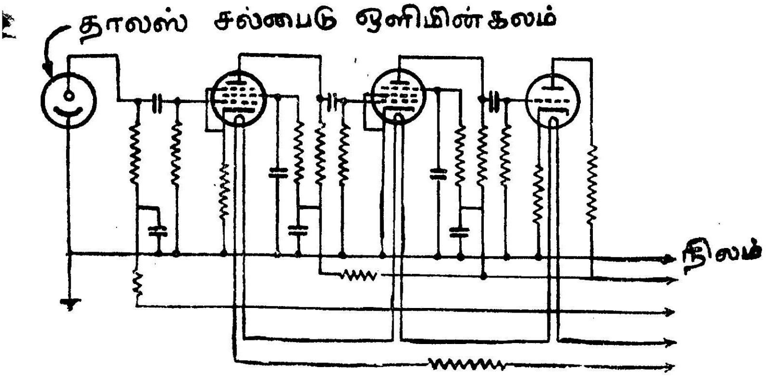
லெட் சல்ஃபைடு ஒளிமின் கலங்களை 0·027 சதுர மில்லிமீட்டர் பரப்புடையதாகச் சிறிய அளவில் உண்டுபண்ணலாம். இது, ஒரு பரவளையப் பிரதிபலிப்பானின் குவியத் தூரத்தில் வைக்கப்படுகிறது. (படம் 27. 2) இது தொலைவிலிருந்து வரும் கதிர்களைச் சேகரிக்கிறது. இந்த முறையில் 10^{-10} வாட் அளவுள்ள வீசு திகர் பாயத்தைக்கூடக் (radiant flux) கண்டுணரலாம். கண்டுணர் கருவியை ஈரமில்லாப் பனிக்கட்டிகளால் குளிர்விக்கப்படுத்துவதன் மூலம், பத்து மடங்கு அதிக பலனைப் பெறலாம்.



படம் 27. 2
புறச்சிவப்புச் சைகைகளை லெட் சல்ஃபைடுக் கலம் கொண்டு கண்டுணர்தல்.

மோர்ஸ் குறியீட்டு முறையில் அனுப்பப்படும் சைகைகளைத் தாலஸ் சல்ஃபைடு ஒளிமின்கலம் கொண்ட கண்டுணர் கருவியால் பெறுவதற்குரிய மின்சுற்று, படம் 27. 3 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த மின்கலத்திற்கான மின்னழுத்தம் 5 மெகா ஓம் தடையினல் தரப்படுகிறது. முதல் மூன்று நிலைகளும் ஒரு பெருக்கியாக அமைகின்றன. அதை அடுத்த நிலையிலுள்ள எதிர் பின்னூட்டம் தேவையான அலைகளை மட்டும் பெருக்குவதற்கு உதவுகிறது. ஏனெனில், மின் தடைகளையும் மின் தேக்கிகளையும் கொண்ட பின்னூட்டம் ஒரு வடிகட்டியாகப் பயன்படுகிறது. இத்தகைய

மின் சுற்றின் மூலம் இறுதியில் விட்டுவிட்டு ஒலிக்கும் தந்தி ஒலிகளைக் கேட்கலாம்.



படம் 27. 3.
மோர்ஸ் சைகைகளைக் கண்டுணர்வதற்கான மின் சுற்று.

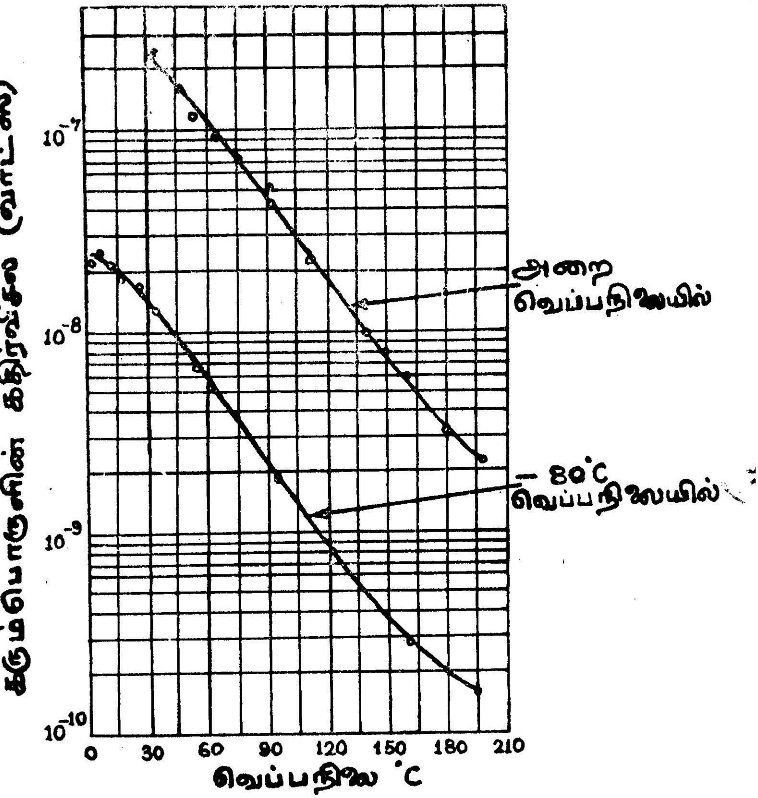
சூடான பொருள்களைக் கண்டுணர்தல்

குறியீட்டுச் செய்திகளை அனுப்புவதற்கு மட்டுமன்றி வேறொரு பணிக்கும் புறச் சிவப்புக் கதிர்கள் பயன்படுகின்றன. கப்பல்கள், விமானங்கள், தொழிற்கூடங்கள் முதலியன தம்மைச் சூழ்ந்துள்ள வெப்பநிலையைவிட அதிக வெப்பநிலையில் உள்ளன. இவை புறச்சிவப்புக் கதிர்களை வெளிவிடுகின்றன. மனிதர்களும் புறச் சிவப்புக் கதிர்களை வெளிவிடுகின்றனர். எனவே, போர்க் காலங்களில், ஒளிந்திருக்கும் எதிரிகளையும், எதிரிகளின் தளவாடங்கள் இருக்கும் மறைவிடங்களையும் கண்டுபிடிப்பதற்குப் புறச்சிவப்புக் கதிர்களைக் கண்டுணரும் கருவிகள் பயனளித்தன. இக் கதிர்கள் அதிக அலைநீளத்தில் இருப்பதால் லெட் சல்ஃபைடு வகைப்பட்ட கடத்தி - ஒளிமின்கலங்கள் இத் துறையில் நல்ல கண்டுணர் கருவிகளாக விளங்கின.

லெட் சல்ஃபைடு மின்கலம், அறை வெப்ப நிலையில் இருக்கும் போதும், ஈரமற்ற பனிக்கட்டிகளால் குளிர்விக்கப்பட்டு $-80°C$ வெப்பநிலையில் இருக்கும்போதும் உள்ள உணர்வு நுட்பம் படம் 27. 4 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. படத்திலுள்ள வரை கோடுகளின் உட்பொருளை ஒரு சிறிய கணக்கீடு மூலம் எளிதில் புரிந்துகொள்ளலாம்.

ஸ்டீபான் விதிப்படி, சுற்றுப்புற வெப்பநிலை $T_0°A$ ஆகவும் கரும் பொருளின் வெப்பநிலை $T°A$ ஆகவும் இருக்கும்போது,

கரும் பொருளின் வெளியீடு $5{\cdot}672 \times 10^{-8}$ $(T^4 - T_0^4)$ வாட்ஸ்/மீட்டர்^{2} ஆகும். பொருள் ஒரு சதுர மீட்டர் பரப்பு நீட்டிக் கொண்டிருந்து, சுற்றுப்புற வெப்பநிலையைவிட 30° அதிக வெப்ப



படம் 27. 4
லெட் சல்ஃபைடு ஒளிமின்கலத்தின் உணர்வுநுட்பம்.

நிலையில் இருந்தால், அதன் மொத்தக் கதிர்வீசல் ஏறத்தாழ 200 வாட்ஸ் இருக்கும். கதிர்வீசும் பொருளுக்கும் கண்டுணர் கருவிக்கும் இடைப்பட்ட தொலைவு r ஆகவும், மின்கலத்தின் மீதுள்ள பரவளையப் பிரதிபலிப்பானின் பரப்பு A ஆகவும் இருந்தால், பாயும் கதிரில் $A/(\pi r^2)$ அளவு கதிர்களை மின்கலம் பெறுகிறது.

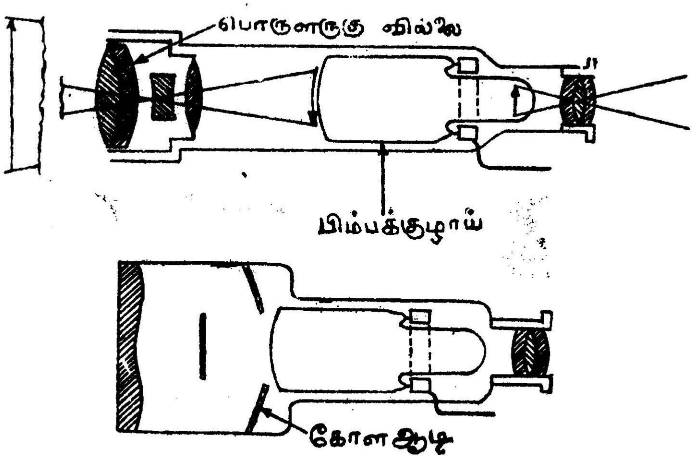
படத்திலுள்ள வரைகோடுகளின்படி $2{\cdot}7 \times 10^{-7}$ வாட் பாய் கதிரைக் கண்டுணரலாம். எனவே, 10 செ.மீ. விட்டமுடைய

பரவளையப் பிரதிபலிப்பானைக்கொண்டு, ஏறத்தாழ ஒரு மைல் தொலைவிலுள்ள சூடான பொருளை எளிதில் கண்டுணரலாம். கண்டுணர் மின்கலத்தை ஈரமில்லாத பனிக்கட்டிகொண்டு குளிர்வித்தால், இன்னும் நான்கு மடங்கு அதிக தொலைவிலுள்ள சூடான பொருளையும் கண்டுணரலாம்.

பிம்பக் குழாய்

புறச்சிவப்புக் கதிர்களை மட்டும் கண்டுணர்வதால் பயனில்லை. அதனைக் கண்டுணர்வதால் அங்கு ஏதோ ஒரு பொருள் இருக்கிறது என்பது மட்டுமே தெரியும். ஆனால் பொருள் என்ன, எத்தகையது, எப்படிப்பட்ட அளவுகளைக்கொண்டது என்பன வெல்லாம் தெரியாது. எனவே, கண்டுணர் கருவியில் பெறப்படும் புறச்சிவப்புக் கதிர்களைப் பார்க்கக்கூடிய பிம்பமாக மாற்ற வேண்டியது இன்றியமையாததாகிறது இத்தகைய புறச்சிவப்பு உணர்திறனுடைய பிம்பக் குழாய்கள், 'புறச்சிவப்புத் தொலை நோக்கிகள்' என வழங்கப்படுகின்றன.

புறச்சிவப்புத் தொலை நோக்கிகளுக்கான ஒளியியல் முறைகள் படம் 27. 5 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. 4000 வோல்ட்சில் செயல்

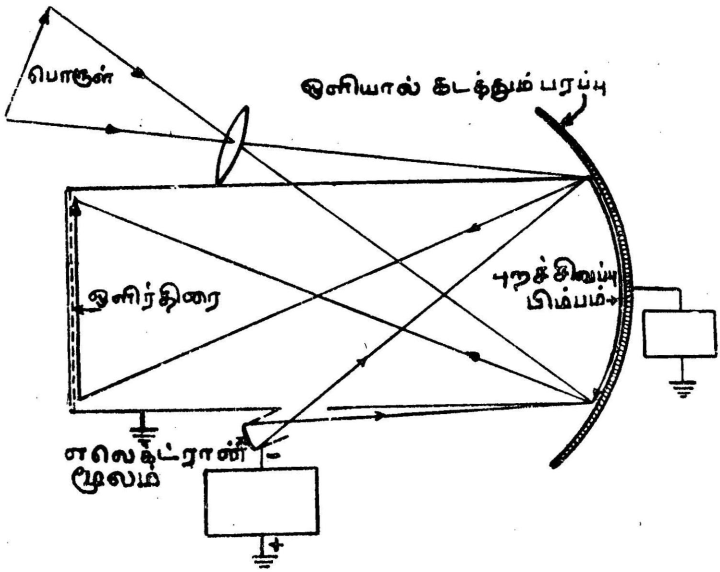


படம் 27. 5
புறச்சிவப்புத் தொலை நோக்கி.

படும் 1P25 பிம்பக் குழாய், 30 - லிருந்து 50 மைக்ரோ ஆம்ப்பியர்/ லூமன் உணர்வுடைய $Ag — CS_2O — C_8$ ஒளிமின்கலத்தைப் பயன்படுத்துகிறது. இதில் பாஸ்பர் ஒளிரும் திரையும் உள்ளது.

2870°K வெப்பநிலையிலுள்ள ஒளி மூலத்திலிருந்து வரும் 1 லூமன் கதிர் வீச்சு, ஒளி-எதிர்மின்வாயில் பட்டால் 0·5-லிருந்து 1 லூமன் வரை ஒளிரும் திரை வெளிவிடுகிறது. இன்னும் அதிக மின்னழுத்தம் உள்ள குழாய்களைக்கொண்டு - எடுத்துக்காட்டாக 20,000 வோல்ட்ஸ்-எதிர்மின்வாயில் விழும் ஒளியை விடப் பத்து மடங்கு அதிக ஒளியைப் பெறலாம்.

பிம்பக் குழாய்களும் அவற்றோடு இணைந்த கருவிகளும் மிகச் சரியான முடிவுகள் தரத்தக்க வகையில் உண்டாக்கப்படுகின்றன. கையில் தூக்கிச் செல்லத்தக்க, குறைந்த எடையுடைய பிம்பக் குழாய்களும், தனிப்பட்ட மின் வழங்கீடு சாதனங்களுடன் உண்டாக்கப்படுகின்றன. விமான ஓட்டிகள் தம் தொப்பியோடு இணைத்துக்கொள்ளக்கூடிய பிம்பக் குழாய்களையும் செய்கிறார்கள். விமானிகள் இதனைத் தம் தொப்பியோடு அணிந்துகொண்டால் விமானம் ஓட்டும்போதே, எதிரி நாட்டு விமானங்களைப் பிம்பக் குழாயில் கண்டுணர்ந்து விழிப்படைய முடிகிறது.



படம் 27. 6
எலெக்ட்ரான் ஆடிப் பிம்பக்குழாய்.

சாதாரணப் பிம்பக் குழாய்களைக்கொண்டு 2·5 மைக்ரான் வரை அலை நீளமுள்ள புறச்சிவப்புக் கதிர்களைத்தான் கண்டுணர முடியும். இதனினும் அதிகமான அலைநீளங்களைக் கண்டுணர

உதவும் 'புறச்சிவப்பு ஐகனஸ்கோப்', 'எலெக்ட்ரான் ஆடி பிம்பக் குழாய்' போன்ற கருவிகள் கண்டுபிடிக்கப்பட்டுள்ளன. எலெக்ட்ரான் ஆடி பிம்பக் குழாயின் அமைப்பு, படம் 27. 6 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஐந்து அல்லது ஆறு கிலோவாட் மின் வழங்கீட்டிலிருந்து, பண்பேற்றப்பட்ட எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் செலுத்தப்படுகின்றன. இந்த எலெக்ட்ரான் கற்றை, உலோகத்தை அடியில் கொண்ட அதிகத் தடையுடைய ஒளியால் - கடத்தும் தளத்தின்மீது விழுகிறது.

அடுக்கடுக்காக எலெக்ட்ரான் கற்றைகள் தாக்கும்போது, ஒரு குறிப்பிட்ட நிலையில், எலெக்ட்ரான் கற்றைகளைத் தளம் பிரதிபலிக்கத் தொடங்குகிறது. பிரதிபலிக்கப்பட்ட எலெக்ட்ரான்கள் ஒளிரும் திரையில் பார்க்கப்படுகின்றன. இவற்றில் புறச்சிவப்புக் கதிர் வெளியிடுபவை மற்றவற்றைவிட ஒளி குன்றியனவாக இருக்கும். ஒளியால் - கடத்தும் தளத்திற்கு லெட் ஆக்சைடுடன் கலந்த லெட் சல்ஃபைடும், சிங்க் ஆக்சைடும் நல்ல பலன் தருகின்றன.

தொலைக்காட்சிக்குப் புறச்சிவப்புக் கற்றை

தொலைக்காட்சிகளை ஓர் ஒளிக்கற்றை மூலம் அனுப்ப முடிகிறது. படத்திற்கான சைகைகள் பெருக்கப்பட்டு, ஆற்றல் செலுத்தும் பரப்பியில் பொருத்தப்பட்டுள்ள எதிர்மின்கதிர்க் குழாயின் கம்பி வலையில் செலுத்தப்படுகிறது. இந்தக் கற்றை கூர்மையாக இல்லாமல், பரவலாகச் செலுத்தப்படுகிறது. பெறுமிடத்தில், ஆற்றல் பரப்பியைக் குறியாகக்கொண்ட ஒளியியல் முறையும், ஒளிமின் பெருக்கிக் குழாயும் இருக்கின்றன. ஒளியியல் முறை, வரும் கற்றையை நேராக ஒளிமின் பெருக்கியின் எதிர்மின்வாயில் விழச் செய்கிறது. பெறப்பட்ட சைகைகள் பெருக்கப்பட்டுச் சாதாரணத் தொலைக்காட்சி வாங்கியிலுள்ள கைனஸ்கோப்பின் மூலம் படமாகக் காட்டப்படுகிறது.

இதில் ஏரியல், ரேடியோ அதிர்வெண் நிலைகள் (radio frequency stages) முதலியன இல்லை. அதற்குப் பதிலாக ஒளிக் குழாயும், ஒளியியல் முறையும் உள்ளன. ஒலி, மற்றொரு ஒளிக் கற்றை மூலம் செலுத்தப்படுகிறது. அதற்குத் தனியாக வேறொரு ஒளிக்குழாய் செயல்படுகிறது.

ஒலியோடு கூடிய வண்ணப் படங்களை அனுப்ப மொத்தம் நான்கு ஒளிக்கற்றைகள் செயல்படுகின்றன. இந்த முறையினால், மற்ற நிலையங்களின் குறுக்கீடுகளோ, அல்லது பிரதிபலிப்புத்

தொந்தரவுகளோ ஏற்படுவதில்லை. ஆனால் மழை, மேகங்கள், பனி, புகை முதலியன இதனைத் தடுக்கலாம். இத் துறையில் முன்னேற்றம் இனிமேல்தான் ஏற்படவேண்டும்.

புறச்சிவப்புக் கண்டுணர் கருவிகள் போர்க் காலங்களில்தான் மிகுதியாகப் பயன்படுத்தப்பட்டன. எனினும், அமைதிக் காலங்களிலும் அறிவியல் ஆய்வுகளிலும் அவற்றின் தேவை அதிகரித்து வருகிறது. போலிகளைக் கண்டுபிடிக்கவும், புறச் சிவப்பு நுண்பெருக்கிகளிலும், புகைப்படத் துறையிலும் அவற்றின் தேவை உணரப்பட்டுள்ளது. இத்தேவைகள் இன்னும் பெருகும் என்பதில் ஐயமில்லை.

28. பொறியியல் பயன்கள்

தொழிற் கூடங்களில் ஒளிமின்கலங்கள் பலவகைச் செயல் களுக்கும் பயன்படுகின்றன; விபத்துகளைப்பற்றி எச்சரிக்கை செய்து பாதுகாக்கவும், பொறியியக்க முறைகளிலும் உதவு கின்றன. அவற்றுள் சிலவற்றைப்பற்றி இங்குப் பார்ப்போம்.

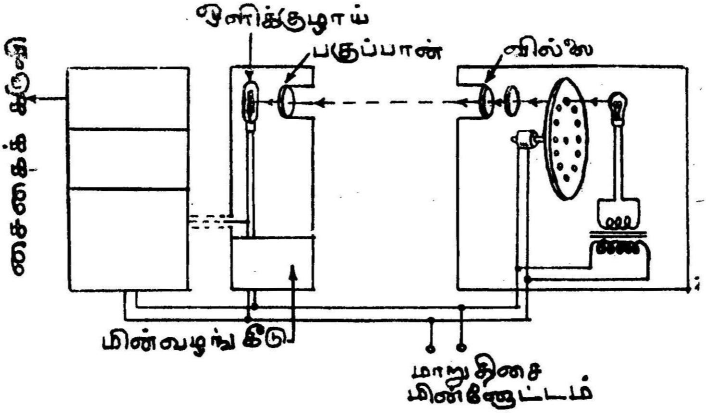
பாதுகாப்புக் கருவிகள்

திருடர்கள் அல்லது தேவையற்ற நபர்கள் ஓரிடத்திற்குள் நுழைவதை மற்றவர்களுக்கு எச்சரிக்கை செய்ய ஒளிமின்கலங்கள் உதவுகின்றன. இங்கே புறச்சிவப்பு ஒளிக்கற்றைகள் பயன் படுகின்றன. ஒளிக்கற்றை, வில்லைகளின் மூலம், ஒளிக்குழாயின் எதிர்மின்வாயில் விழுகிறது. (படம் 28. 1). இவை கதவுகளில் பொருத்தப்படுகின்றன. இந்த வழியாக யார் நுழைந்தாலும் ஒளிக்கற்றை தடைப்பட்டு ஒளி மின்னோட்டம் நின்று விடுகிறது. உடனே அலாரம் அடிக்கிறது.

இத்தகைய முறையைத் திறந்த வெளிகளிலும் பயன்படுத்த லாம். அமெரிக்காவில் உள்ள கம்பெனி ஒன்று, கடல் உள்ளே நுழைவதை (sea intrusion) எச்சரிக்கை செய்ய இத்தகைய முறையைப் பயன்படுத்தியது. 3000 அடி நீளத்திற்கு, 18 அங்குல அகலமுள்ள ஒரே ஒளிக்கற்றையை இது பயன்படுத்தியது.

பெரிய இயந்திரங்களில் பணிபுரியும் தொழிலாளர்களுக்கு ஏற்படக்கூடிய அபாயத்தைத் தடுக்க, ஒளிக்குழாய்கள் உதவு கின்றன. இங்கு **'ஒளித்திரைகள்'** இருக்கின்றன. இயந் திரத்தைச் சுற்றிலுமுள்ள பல பல்புகள், ஆடிகள் மூலமாக ஒளிக் கற்றைகள் ஒளிக் குழாய்களின்மீது விழுகின்றன. அபாயமான இடங்களில் தொழிலாளி நுழையும்போதோ, அல்லது தொழி லாளியின் கை படும்போதோ ஒளிக்கற்றை தடைப்படுகிறது. உடனே ஒளிக்குழாயின் வெளியீடு தடைப்பட்டு, இயந்திரம்

தானாகவே நின்றுவிடுகிறது. மின்னியல், நீரியல் அழுத்த இயந்திரங்களிலும், பாரந் தூக்கிப் பொறிகளிலும் இம்முறை பயன்படுகிறது.

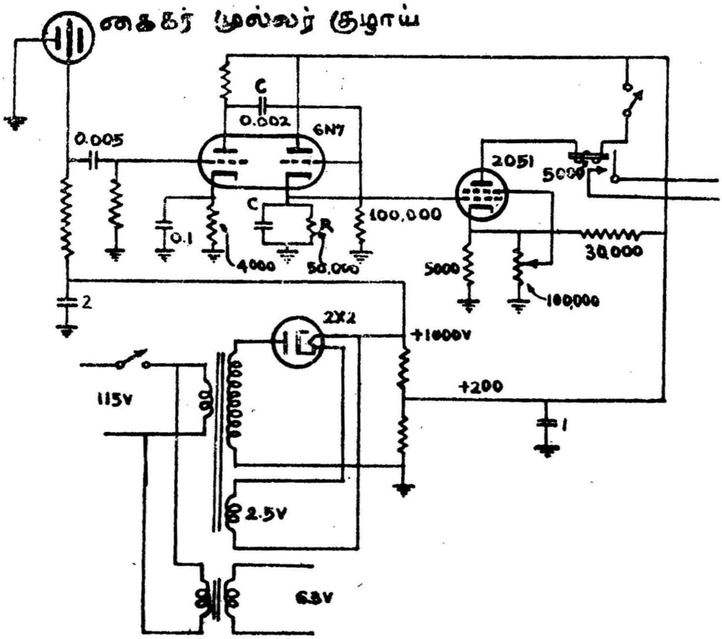


படம் 28. 1
திருடர்கள் நுழைவதை எச்சரிக்கும் கருவி.

பெரிய கட்டடங்கள், தொழிற்சாலைகள் முதலியன தீப்பற்றி எரிவதைத் தடுக்க ஒளிக்குழாய்கள் செயல்படுகின்றன. இத் துறையில் முதன்முதலாக **'விஸ் நெருப்புக் கண்டுணர் கருவி'** (Weisz fire detector) கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இதில் தூய்மை யான செப்பு எதிர்மின்வாயும், மெல்லிய கம்பியாலான நேர்மின் வாயும் உள்ளன. இவை, புற ஊதாக் கதிர்களை அனுப்பக்கூடிய கண்ணாடியினுள் வைக்கப்பட்டுள்ளன. இது 2800 ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகுக்கு மேற்பட்ட ஒளிக்கதிர்களுக்குச் செயல்படாது. எனவே, சூரிய ஒளியினாலும், வேறு செயற்கை ஒளிக்கதிர்களாலும் இக் கருவி செயல்படாது. ஆனால், நெருப்பினாலும் தீக் கதிர்களி னாலும் வெளிப்படும் இலேசான புற ஊதாக் கதிர்களுக்கு இக் கருவி உடனே செயல்படும்.

நெருப்பைக் கண்டுபிடிக்கும் கருவியுடன், நெருப்புப்பற்றி எச்சரிக்கை செய்ய ஓர் அலாரமும் வைக்கப்பட்டிருக்கும். அதற் கான மின் இணைப்பு, படம் 28. 2 - காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒளிக் குழாயிலிருந்து புறப்படும் எதிர்மின் துடிப்புகள் 6N7 இரட்டை டிரயோடின் ஒரு பகுதிக்குச் செல்கின்றன. அங்கு இவை நேர் மின் துடிப்புகளாக மாற்றப்பட்டு இரண்டாவது பகுதியிலுள்ள கிரிடிற்குச் செல்கின்றன. இந்த நேர்மின் துடிப்புகள் எதிர்மின்

வாயோடு இணைந்த RC இணைப்பில் மின்னழுத்தத்தை உண் டாக்குகின்றன. இந்த மின்னழுத்தம் குறிப்பிட்ட எல்லையைத்



படம் 28. 2
நெருப்புக் கண்டுணர் கருவி.

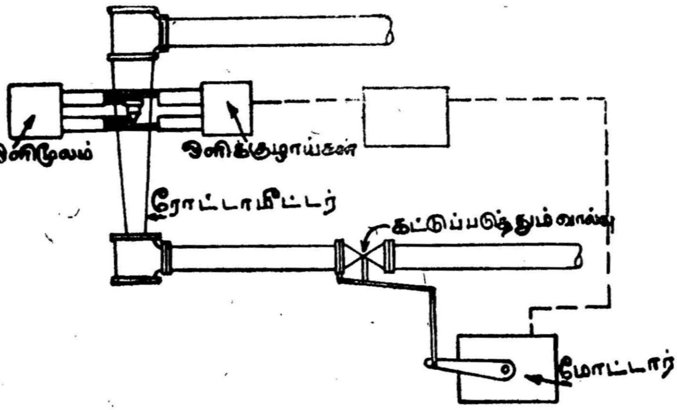
தாண்டினால், அலாரம் அடிக்கிறது. உடனே எங்கேயோ தீப்பற்றி இருக்கிறது என்பதை அறிந்து அதனைத் தடுக்கத் தக்க நடவடிக்கைகளை உடனே எடுக்கலாம்.

நெருப்புக்கு முன்னால் புகை உண்டாவதால், புகை கண் டுணர் கருவியை வைத்தால் இன்னும் முன்னதாகவே அபாயத்தை அறிந்துகொள்ளலாம். காற்றுக் கட்டுப்பாடுள்ள (air conditioned) அறைகளில் புகை கண்டுணர் கருவி மிக முக்கியமான தேவையாகும். காற்றைக் கட்டுப்படுத்துங் கருவிக்குள் சிறிது புகை நுழைந்தாலும், அது நெருப்பைவிடப் பயங்கரமான விளைவுகளை ஏற்படுத்திவிடும். அக் கருவியில் காற்று செல்லும் வழியில் ஓர் ஒளிக்கற்றையைப் பாய்ச்சி, அது புகையினால் தடைப்படும்போது, ஒளிக்குழாய் செயல்பட்டு, எச்சரிக்கை விளக்கு எரியச்செய்யப்படுகிறது,

தொழிற்சாலைகளில் ஒளிக்குழாய்கள்

தொழிற்சாலைகளில் விபத்துகளைத் தடுப்பதற்கு மட்டுமன்றி வேறு பல வகைகளிலும் ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

இரசாயனத் தொழிற்சாலைகளில் திரவங்கள் குழாய்களில் செல்லும். அழுத்தம் எப்படியிருந்தாலும், குழாய்களில் ஒரே சீரான அளவுக்குத் திரவங்கள் செல்ல ஒளிக்குழாய்கள் உதவுகின்றன. இதற்கு ஒரு 'ரோட்டாமீட்டர்' (rotameter) பயன்படுத்தப்படுகிறது. ரோட்டாமீட்டர் என்பது சாய்வான பக்கங்களையுடைய குழாய். இதிலுள்ள ஒரு மிதவையின் உயரம் திரவம் செல்லும் அளவைக் குறிக்கும் (படம் 28. 3). மிதவையின் மேல் பகுதியையும் கீழ்ப்பகுதியையும் உரசிச் செல்லும்படி இரு ஒளிக் கற்றைகள் செலுத்தப்படுகின்றன. இந்த ஒளிக்கற்றைகள்

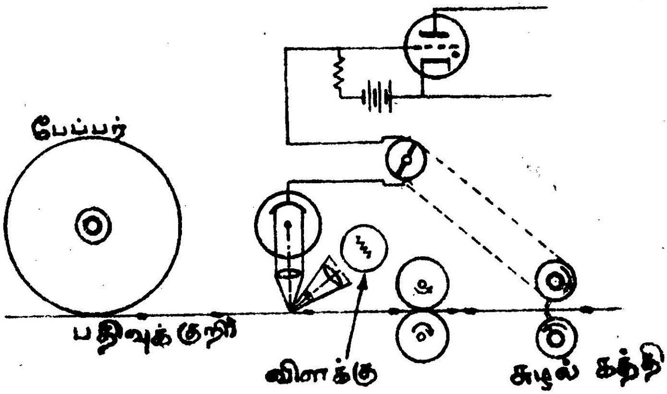


படம் 28. 3
திரவம் ஒரே சீராகப் பாய்வதற்கான ஒளிமின்கலக் கட்டுப்பாடு.

தனித்தனியான இரண்டு ஒளிக்குழாய்களின்மீது விழுகின்றன. இந்த ஒளிக்குழாய்களின் வெளியீட்டிலுள்ள வேறுபாடு ஒரு மோட்டாரைக் கட்டுப்படுத்தி, உள்ளே வரும் திரவத்தின் அளவை அதிகரிக்கவோ குறைக்கவோ செய்கிறது.

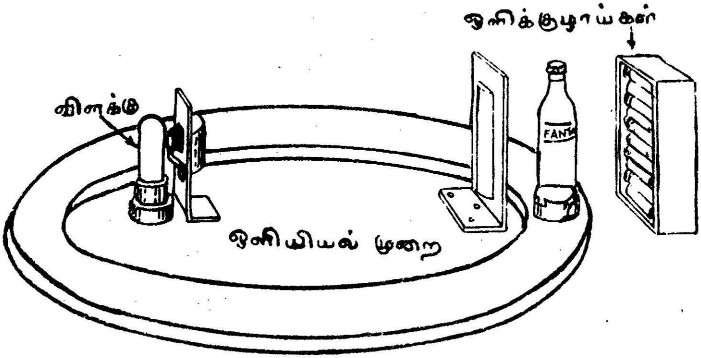
காகிதத் தொழிற்சாலைகளிலும் ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுகின்றன. கட்டுமானக் காகிதங்களையும், புத்தகங்களுக்கான அட்டைப்படங்களையும் சரியான இடத்தில் வெட்டுவது ஒரு முக்கியமான பணியாகும். இதற்குக் காகிதத்தின் ஓரத்தில் $\frac{1}{2}$ அங்குல நீளமும் 1/16 அங்குல அகலமும் கொண்ட சிறு கோடுகள்

நடு நடுவே இடைவெளி விடப்பட்டு அச்சிடப்பட்டிருக்கும். வரிக் கண்ணோட்ட முடைய ஒளிக் கற்றை யொன்று காகிதத்தின்மீது பாய்ச்சப்படுகிறது. அச்சிட்ட கோடுகளின்மீது ஒளி பட்டுப்



படம் 28. 4
காகிதத் தொழிற்சாலையில் ஒளிக்குழாய்.

பிரதிபலிக்கும்போது, அது ஒளிக் குழாயைச் செயல்பட வைக்கிறது. ஒளிக் குழாயின் வெளியீடு, சுழலும் கத்திகளை இயக்கிச் சரியான இடத்தில் காகிதம் வெட்டுப்படும்படி செய்கிறது. (படம் 28.4)

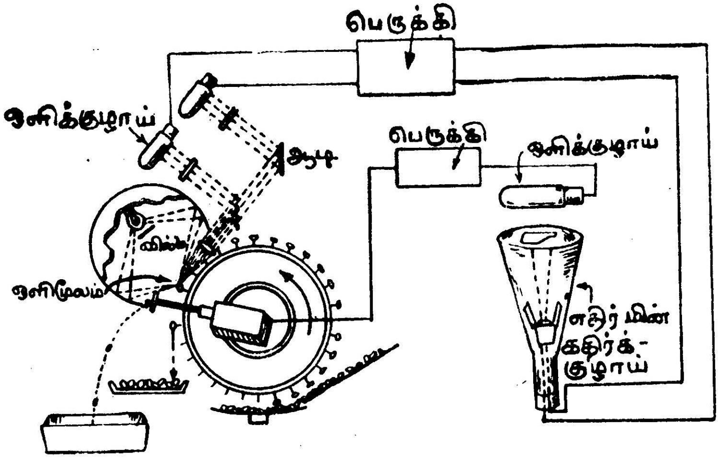


படம் 28. 5
சீசாக்களில் அடைக்கப்பட்ட குடிவகைகளைச் சோதித்தல்.

தொழிற்சாலைகளில் செய்யப்பட்ட பொருள்களைச் சரி பார்க்கும் ஆற்றல் வாய்ந்தவையாக ஒளிக்குழாய்கள் இருக்கின்றன. எடுத்துக்காட்டாகச் சீசாக்களில் அடைக்கப்பட்ட

குடிவகைகளில் உடலுக்கு ஊறுசெய்யும் வேறு பொருள்கள் கலக்காமலிருத்தல் இன்றியமையாதது. இதற்கு ஒளிக்கற்றை ஒன்று சீசாவை ஊடுருவிச் சென்று ஒளிக்குழாயின்மீது விழும்படி அமைக்கப்படுகிறது. (படம் 28. 5) சீசா ஒரு முறை சுழற்றப் பட்டு நிறுத்தப்படுகிறது. சீசா நின்றபின்னும், திரவத்தில் மிதக்கும் தேவையில்லாப் பொருள்கள் தொடர்ந்து சுழன்று, ஒளிமின்னோட்டத்தில் மாறுதலை ஏற்படுத்தும். இந்த மாறுதல் தெரிந்தவுடன் குறிப்பிட்ட சீசா தள்ளி வைக்கப்படும்.

மற்றொரு வகை உணவுப் பொருள் செய்யும் தொழிற் சாலையில், பீன்ஸ் காப்பிக்கொட்டை முதலானவற்றில் சரியான நிறமில்லாதவற்றைப் பொறுக்கித் தூக்கி எறிவதற்கு ,ஒளிக் குழாய்களைப் பயன்படுத்தும் கருவிகள் உள்ளன. (படம் 28. 6). ஒவ்வொன்றாகப் பொறுக்கப்பட்ட காப்பிக்கொட்டைகள் ஒளிக்



படம் 28. 6
காப்பிக்கொட்டை தேர்ந்தெடுக்கும் கருவி.

கற்றைக்குள் வருகின்றன. ஒளி காப்பிக்கொட்டையின்மீது பட்டுப் பிரதிபலிக்கிறது.

பிரதிபலித்த ஒளி, ஓர் ஆடியின் மூலம் சிவப்பு உணர் திறனுடைய ஒளிக்குழாயின்மீதும், மற்றோர் ஆடியின் மூலம் வடிகட்டியுடைய நீல உணர்திறனுடைய ஒளிக்குழாயின்மீதும் படுகிறது. இந்த இரண்டு ஒளிக்குழாய்களின் வெளியீடும் ஓர் எதிர்மின் கதிர்க்குழாயில் செலுத்தப்படுகிறது. எதிர்மின் கதிர்க்

குழாயிலுள்ள திரையில், காப்பிக்கொட்டையின் நிறமும் ஒளியும் ஒளிப் புள்ளியாகத் தெரியும்.

சரியான காப்பிக்கொட்டையின் பிரதிபலிப்பு, திரையில் தெரியக்கூடிய இடங்களை ஓர் உறைகொண்டு மூடிவிட்டால், மற்ற இடங்களில் ஒளிப்புள்ளி தெரிந்தால் அது தேவையற்ற காப்பிக் கொட்டை என்பதை எளிதில் உணரலாம். எதிர்மின் கதிர்க் குழாய்க்கு அருகிலுள்ள மூன்றாவது ஒளிக்குழாய் அப்போது செயல்பட்டுத் தேவையற்ற காப்பிக் கொட்டையைக் குப்பைத் தொட்டிக்குத் தள்ளிவிடுகிறது.

நூற்பு ஆலைகளில் நூலிழைகளை ஒளிக்குழாய்கள் நேர்ப் படுத்துகின்றன. நெய்யப்படும் நூலிழைகளின் மீது ஒளிக் கற்றைகள் செலுத்தப்படுகின்றன. இழைகளின் இரு பக்கத்திலும் இரண்டு ஒளிக்குழாய்கள் உள்ளன. இழை கோணலாக இருந்தால், அந்த இடத்தில் ஒளி தடைப்படாமலிருக்கும். ஒளிக் குழாய்களின் வெளியீட்டில் வேறுபாடு ஏற்பட்டுத் தானாக நெசவின் ஊடு இழைகள் நேர்ப்படுத்தப்படுகின்றன.

உலோகத் தொழிற்சாலைகளில் ஒளிமின்கலங்கள் பல்வேறு வகைகளில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. எஃகு உலைகளில் ஒளி மின் பைராமீட்டர்கள் வெப்ப நிலைகளைச் சரிபார்க்கின்றன. பெசமர் முறையில் (Bessemer process) செய்யப்படும் எஃகில் உள்ள நெருப்பின் ஒளியில் ஏற்படும் மாறுதல்களை ஒளிமின் கலத்தில் செலுத்துவதன் மூலம், அந்த எஃகில் உள்ள நைட்ரஜன் அளவையும் மற்றத் தன்மைகளையும் அறியலாம்.

உலோகத் தகடுகளை வெட்டும்போது, தேவையான எண்ணிக்கை வெட்டப்பட்டவுடன் இயந்திரத்தை ஒளிக்குழாய்கள் நிறுத்துகின்றன. சுரங்கங்களில் உள்ள கதவுகளைத் திறக்கவும் மூடவும் ஒளிக்குழாய்கள் உதவுகின்றன. தகடுகளில் உள்ள நுண்ணிய தொளைகளை ஒளிக்குழாய்கள் கண்டுபிடிக்கின்றன. மெல்லிய கம்பிகளின் விட்டத்தைச் சரி பார்க்க ஒளிக்குழாய் களுடன்கூடிய கருவிகள் இருக்கின்றன.

மெல்லிய தகடுகளின் பருமனைக் கண்டுபிடிக்கவும், கம்பிகள் தகடுகள் ஆகியவற்றின் மீட்சித் தன்மையை அறியவும், பிஸ்டன் வளையங்களைச் சரி பார்க்கவும், காமிராவில் உள்ள ஒளி தடுப்புத் திரைகளைச் (shutter) சரி பார்க்கவும் ஒளிக்குழாய்கள் பயன் படுத்தப்படுகின்றன.

29. பல்வகைப் பயன்கள்

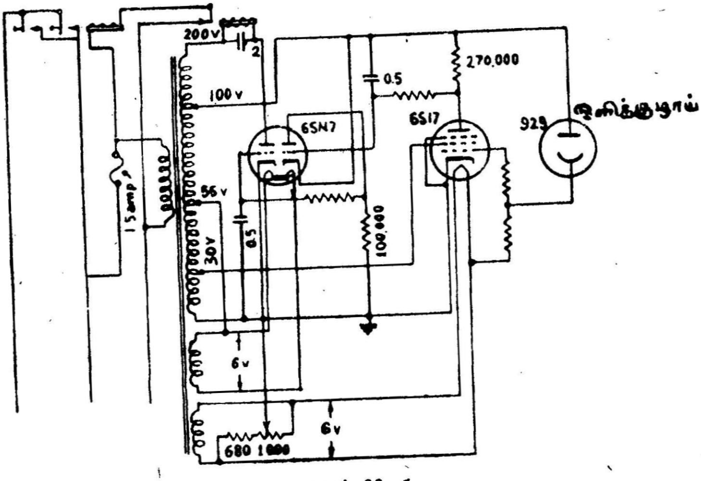
ஒளிமின்கலங்கள் இன்று பலவகையிலும் பயன்படுத்தப் படுகின்றன. அன்றாட வாழ்வின் ஒவ்வொரு துறையிலும் அவற்றின் பயன்கள் அதிகரித்து வருகின்றன. அவை அனைத்தையும் இச்சிறு நூலில் விரிக்கிற் பெருகுமாதலின் சில குறிப்பிட்ட பயன்கள் மட்டும் இங்கே கூறப்பட்டுள்ளன.

வெளிச்சக் கட்டுப்பாடு

போதிய சூரிய வெளிச்சம் இல்லாதபோது நாம் செயற்கை விளக்குகளிலிருந்து வெளிச்சம் பெறவேண்டியுள்ளது. சூரிய ஒளி குறையும்போதும், இல்லாதபோதும் தானாகவே எரியவும், போதிய சூரிய ஒளி வந்தவுடன் தானாகவே அணையவும் கூடிய செயற்கை விளக்குகளைக்கொண்ட தானியங்கு கருவிகளைக் கட்டுப்படுத்த ஒளிமின்கலங்கள் பயன்படுகின்றன. கல்விக் கூடங்கள், கடைகள், அலுவலகங்கள், விமான நிலையங்கள், மற்றும் முக்கியமாகத் தெரு விளக்குத் தொகுதிகள் ஆகியவற்றுக்கு இந்த வெளிச்சக் கட்டுப்பாடு (Illumination control) மிகப் பயன் தருகிறது.

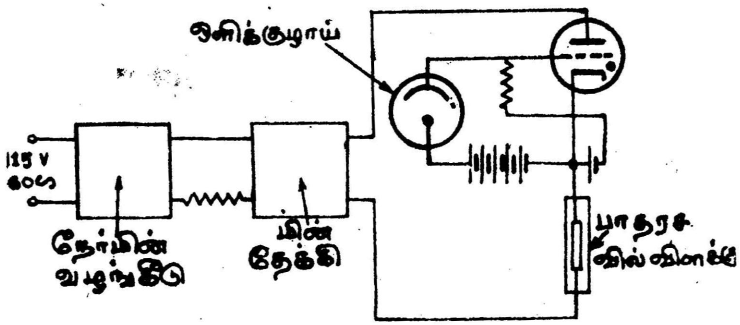
ஒரு குறிப்பிட்ட தெரு விளக்குத் தொகுதியின் தானியங்கு வெளிச்சக் கட்டுப்பாட்டிற்கான மின் இணைப்புகள் படம் 29. 1 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளன. இதனைச் 'சூரிய சுவிட்சு' (Sun switch) எனக் கூறலாம். இக் கருவியில் வடதிசையை நோக்கிச் சன்னல் போன்ற சிறு இடைவெளி இருக்கும். காலை நேரத்தில் இதன்மீது சூரிய ஒளி பட்டுக்கொண்டே இருக்கும். சன்னலுக்கு அருகிலுள்ள ஒளிமின்கலத்தில் ஒளி படும்போது, ஒளிமின்கலத்தின் வெளியீடு செயற்கை விளக்குகளை எரியாமலிருக்கச் செய்யும். சூரிய ஒளி ஓர் அடிக் கான்டிலுக்குக் (one foot candle) குறையும்போது, ஒளி மின்கலம் செயல்படாது; செயற்கை விளக்குகள் எரியும். மீண்டும் காலையில் சூரிய ஒளி படும்போது, ஒளிமின்கலம் செயல்பட்டு, செயற்கை விளக்குகளை அணைத்துவிடும்,

இதில் இரட்டை டிரயோடின் முதலாவது இரண்டாவது பகுதிகளின் வழியாக மின்னாற்றல் செல்லும்போது, இருபது



படம் 29. 1
வெளிச்சக் கட்டுப்பாட்டிற்கான மின் இணைப்பு.

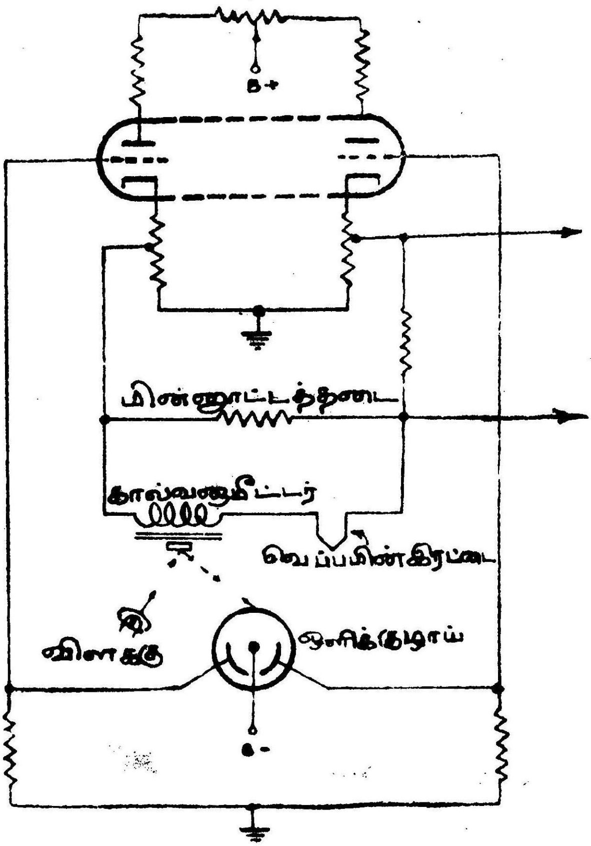
வினாடித் தாமதத்திற்கு வழி செய்யப்பட்டுள்ளது. சட்டெனத் தோன்றி மறையும் மின்னல் காரணமாகவோ, பறக்கும் விமானங்கள் போன்றவற்றின் நிழல் காரணமாகவோ, இந்தக் கருவி செயல்படுவதைத் தடுக்கவே, இந்த இருபது வினாடித் தாமதம் செய்யப்பட்டுள்ளது. இக் கருவி முழுமையாக, மாறு திசை மின்னோட்டத்தில் செயல்படுகிறது.



படம் 29. 2
மிக வேகமாக ஒளியூட்டுவதற்கான மின் இணைப்பு

வேறொரு வகை வெளிச்சக் கட்டுப்பாடு, மிக வேகமாகச் செல்லும் பொருள்களைக் கண நேரத்திற்கு ஒளியூட்டி அவற்றைப்

புகைப்படம் எடுக்க உதவுகிறது. இதற்கான மின் இணைப்பு படம் 29. 2-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. ஒரு மின் தடையின் மூலம் மின்தேக்கியில் மின்னூட்டம் தேக்கப்படுகிறது. ஒளிக்குழாயைக் கடந்து ஒரு பொருள் செல்லும்போது, ஒளிமின்னோட்டம் தடைப் படுகிறது. உடனே மின்தேக்கியில் மின்னோட்டம் உமிழப்பட்டு, அதிக அழுத்தப் பாதரச வில் விளக்கு எரிகிறது. இந்த முறையில் கோடி வாட் ஒளியை மூன்று மைக்ரோ-செகன்ட் நேரத்திற்குப் பெறலாம்.



படம் 29. 3

ஒளிக்குழாயின் உதவியால் கால்வனோமீட்டரின் ஆற்றலை அதிகப்படுத்துதல்.

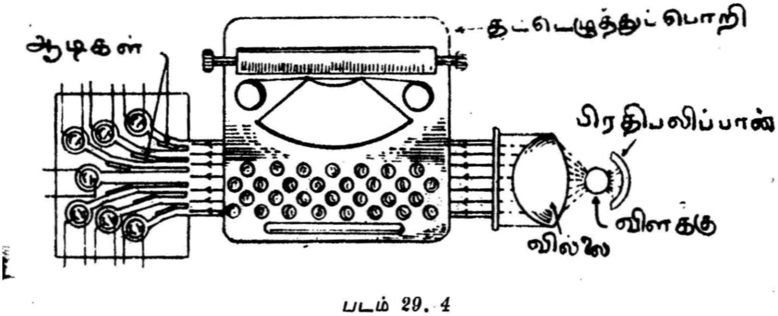
கால்வனோமீட்டரின் ஆற்றலை அதிகப்படுத்தல்

ஒளிமின்கலங்களைக்கொண்டு கால்வனோமீட்டர்களின் ஆற்றலை அதிகப்படுத்தி, அவை மிகத் துல்லியமான அளவுகளைத்

காட்டும்படி செய்யலாம். எடுத்துக்காட்டாக அகச்சிவப்பு நிறமாலை ஆய்வில், ஒரு வெப்பமின் - இரட்டையின் (thermo couple) குறுக்கே உள்ள மின்னழுத்த வேறுபாட்டை அளக்க மிக நுட்பமான கால்வனோமீட்டர் தேவைப்படுகிறது. படம் 29. 3 - ல் காட்டியுள்ளபடி, விளக்கிலிருந்து புறப்படும் ஒளி, கால்வனோ மீட்டரில் உள்ள ஆடியில் பட்டுப் பிரதிபலித்து, இரட்டை ஒளிக் குழாயின் எதிர்மின்வாய்களில் படுகிறது. ஒளிமின்னோட்டம், கீழேயுள்ள தடைகளில் ஏற்படுத்தும் மின்னழுத்த வீழ்ச்சி, இரட்டை டிரயோடு மூலம் பதிவு செய்யும் கருவிக்குச் செலுத்தப் படுகிறது. பின்னூட்டத் தடை R_3, வெப்பமின் இரட்டையின் மின்னழுத்தத்தைச் சரியீடு செய்கிறது. 0·32 மைக்ரோ வோல்ட்டுக்கு ஒரு மில்லிமீட்டர் திரும்பும் கால்வனோமீட்டர், இத்தகைய முறையில் ஒரு மைக்ரோ வோல்ட்டுக்கு அளவு கோலின் முழு அளவும் திரும்புகிறது. இதில் ஏற்படும் தவறுகள் ஒரு சதவீதம்தான் இருக்கும்.

குறியீட்டுச் செய்திகளை அனுப்புதல்

ஒளிமின்கலங்களைப் பயன்படுத்தி, சாதாரணத் தட்டெழுத்துப் பொறியின் விரற்கட்டைகளைக் (Keys) கொண்டு நெடுந்தொலைவு களுக்குச் செய்திகளைக் குறியீட்டு முறையில் எளிதில் அனுப்ப லாம். இதற்கான ஒளியியல் முறை படம் 29. 4 - ல் காட்டப் பட்டுள்ளது. தட்டெழுத்துப் பொறியிலுள்ள ஒவ்வோர் எழுத்துச் சாவியோடும் ஒவ்வொரு திரை பொருத்தப்பட்டிருக்கும். ஒரு



படம் 29. 4
தட்டெழுத்துப் பொறி கொண்டு குறியீட்டுச் செய்திகளை அனுப்புதல்.

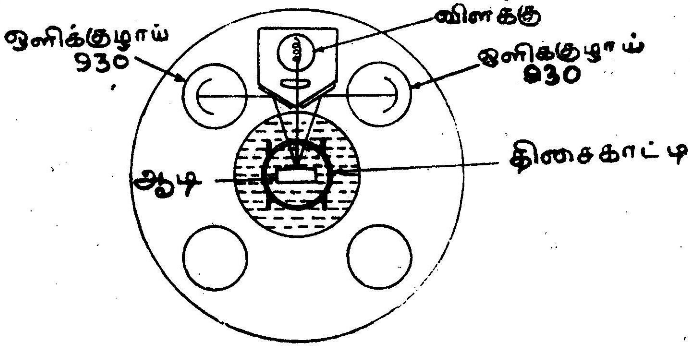
பக்கத்திலிருந்து ஒளி வருகிறது. மறு பக்கத்தில் ஒளிக்குழாய் களும் மின் இணைப்பும் இருக்கின்றன.

தட்டெழுத்துப் பொறியிலுள்ள விரற்கட்டை கீழே அழுத்தப் படும்போது, திரை கீழிறங்கி அதன் வழியேயுள்ள ஒளியைத்

தடைப்படுத்தி அதற்கென உள்ள ஒளிக்குழாயைச் செயல் படுத்துகிறது. முடிவில், ஒரு காகிதத்தில் குறிப்பிட்ட அளவு தொளை கிடைக்கிறது. இக் காகிதத்தை, இரகசியமாக இல்லாமல் சாதாரண முறையிலேயே அனுப்பலாம். சேரவேண்டிய இடத்தைச் சென்றடைந்தவுடன் மீண்டும் அதனை எளிதில் செய்தியாக மாற்றிப் பெறலாம். இம் முறையில், குழூஉக் குறிகளை அறியாத ஒருவர்கூட, எளிதில் தட்டெழுத்துப் பொறி கொண்டு இரகசியச் செய்திகளை அனுப்பலாம்.

நிலப் படங்களை வரைதல்

ஒளிமின்கலங்களைக்கொண்டு, நிலப் படங்களை வரையும் கருவி படம் 29. 5-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இது சற்றுச் சிக்கலானது. ஓடும் ஊர்திகளில் இக் கருவிகளை வைத்துச் சென்றால்



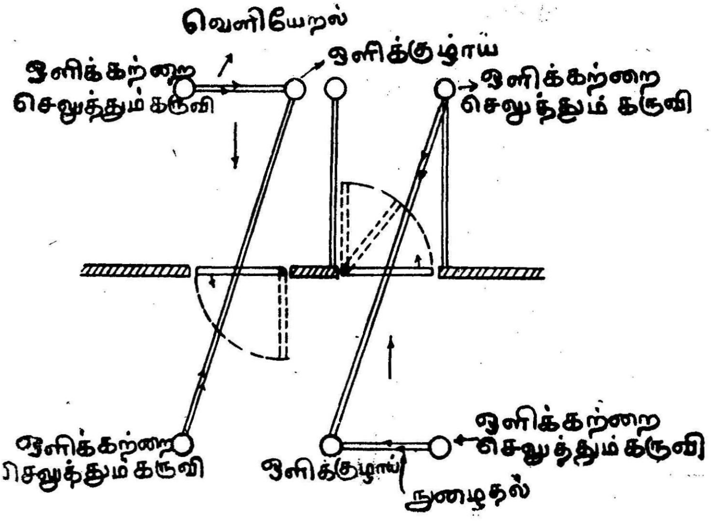
படம் 29. 5
நிலப்படம் வரைதல்.

ஊர்தி சென்ற வழிகளை இக் கருவி தானாகவே படம் வரைந்து விடும். ஊர்தியில் வைக்கப்பட்டுள்ள ஒரு திசைகாட்டிக் கருவி, அது செல்லும் திசைகளைக் காட்டும். திசைக் காட்டியில் ஒரு கண்ணாடி வைக்கப்பட்டுள்ளது. கண்ணாடியில் ஒளிக்கற்றை பட்டுப் பிரதிபலித்து, இரு ஒளிக்குழாய்களின்மீது படுகிறது. இந்த ஒளிக்குழாய்களின் வெளியீடு ஓர் எழுதுகோலை இயக்கி நிலப்படம் வரைய உதவுகிறது.

தானியங்கிக் கதவுகள்

தானாகவே திறந்து மூடிக்கொள்ளும் தானியங்கு கதவுகளுக்கு (automatic doors) ஒளிமின்கலங்கள் மிகுந்த அளவில் பயன் படுத்தப்படுகின்றன. பொதுக் கட்டடங்கள், வங்கிகள், உணவு

விடுதிகள் போன்ற இடங்களில் இவை செயல்படுகின்றன. இக் கட்டடங்களில் உள்ளே நுழைவதற்கும், வெளியே செல்வதற்கும் தனித்தனி கதவுகள் இருக்கும். (படம் 29. 6)



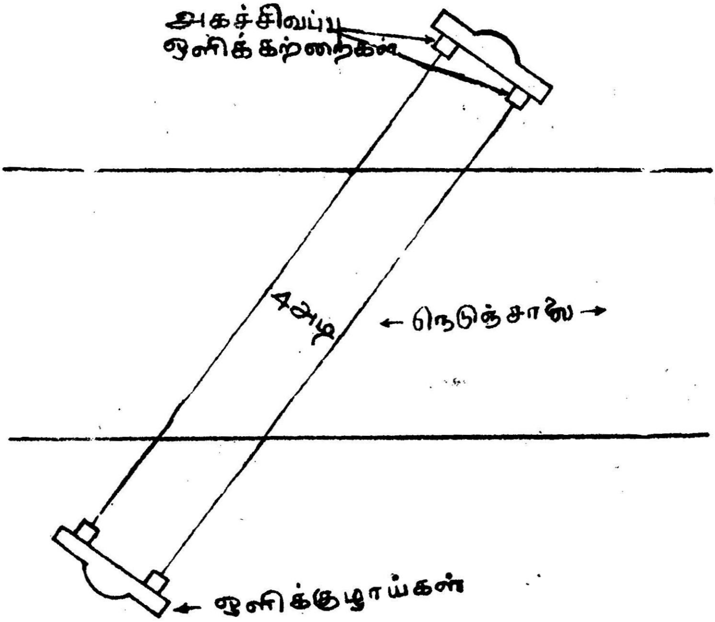
படம் 29. 6
தானியங்கிக் கதவு.

ஒளி செலுத்தும் விளக்கு, ஒளிமின்கலம், மற்றும் துணைக் கருவிகள் அனைத்தும் கதவோடு சேர்ந்துள்ள உலோகத் தூணில் பொருத்தப்பட்டிருக்கும். இதில் இரண்டு ஒளிக்கற்றைகள் உள்ளன. யாராவது உள்ளே நுழையும்போது முதல் ஒளிக் கற்றை தடைப்படுகிறது. ஒளிமின்னோட்டம் தடைப்பட்டுக் கதவு திறக்கிறது. இரண்டாவது ஒளிக்கற்றை கதவின் நேர் குறுக்காகச் செல்லுவதால் அவர் கதவைக் கடந்து செல்லும்வரை, கதவு மூடாமல் திறந்தே இருக்கிறது. அவர் அதனையும் தாண்டிச் செல்லும்போது, அந்த இரண்டாவது ஒளிக்கற்றையும் தடைப் பட்டுக் கதவு உடனே தானகவே மூடிக்கொள்கிறது.

போக்குவரவுக் கட்டுப்பாடு

ஒரு நெடுஞ்சாலையில் சிறிய பாதை ஒன்று குறுக்கிடும்போது, அங்குப் போக்குவரவுக் கட்டுப்பாட்டிற்கு ஒளிக்குழாய்கள் பயன்படுகின்றன. சிறிய பாதையின் குறுக்கே இரண்டு ஒளிக் கற்றைகள் பாய்ச்சப்பட்டு, இரண்டு ஒளிக்குழாய்கள் பொருத்தப் படுகின்றன. (படம் 29. 7).

சாதாரண நேரத்தில் நெடுஞ்சாலையில் பச்சை விளக்கும், சிறிய பாதையில் சிவப்பு விளக்கும் எரிந்துகொண்டிருக்கும்.



படம் 29. 7
ஒளிக்குழாய்களின் உதவியால் போக்குவரவுக் கட்டுப்பாடு.

சிறிய பாதையில் ஊர்தி வரும்போது, ஒளிக்கற்றைகள் தடைப் பட்டு, நெடுஞ்சாலையில் சிவப்பு விளக்கும், சிறிய பாதையில் பச்சை விளக்கும் எரியுமாறு செய்யப்படுகிறது. ஊர்தி அதனைக் கடந்து சென்றவுடன், விளக்குகள் மீண்டும் பழைய நிலையை அடைகின்றன.

சிறிய பாதையில் உள்ள இரண்டு ஒளிக்கற்றைகளுக்கும் இடையே நான்கு அடி அகல இடைவெளி விடப்பட்டுள்ளது. மனிதர்கள் குறுக்கிடுவதால், ஒளிக்கற்றை தடைப்பட்டு விளக்குகள் மாறுவதைத் தடுக்கவே, இடைவெளியுடன்கூடிய இரண்டு ஒளிக்கற்றைகள் இங்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

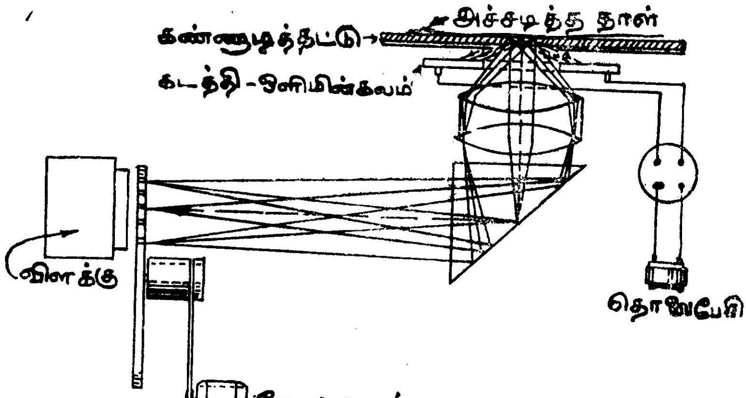
ஜெர்மன் இருப்பூர்தி நிலையங்களில் (railway stations) ஒளிக் குழாய்கள் புதுமையான முறையில் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. ஒளி எறிவு கருவியும் (light projector) ஒளிக்குழாயும் அரு

கருகாக, இரயில் வண்டியின் இயந்திரப் பெட்டியின்மீது வைக்கப்படுகின்றன. நிலையத்தில் உள்ள கைகாட்டி மரத்தில் ஒரு கண்ணாடி வைக்கப்படுகின்றது. கண்ணாடியின் சாய்வுக் கோணம் தக்கவாறு அமைத்துக் கொள்ளப்படுகிறது. கை காட்டி கீழே இறங்கியிருந்தால், ஒளிக்கற்றை கண்ணாடியில் படுவதில்லை. கைகாட்டி கீழே இறங்காமலிருந்தால், ஒளிக் கற்றை கண்ணாடியில் பட்டுப் பிரதிபலித்து, ஒளிக்குழாயைச் செயல்படச் செய்து, இரயில் வண்டியைத் தானாகவே நிறுத்து கிறது.

பார்வையிழந்தவர்களுக்கு ஒளிக்குழாய்கள்

பார்வையிழந்தவர்களுக்கு ஒரு மாற்றுக் கண்ணாக ஒளிக் குழாய்கள் பயன்படுகின்றன. எனவே, இதனை 'மின்னாற்றல் கண்' என்று கூறுகின்றனர்.

அச்சிடப்பட்ட எழுத்துகளைப் படிப்பதற்கு ஒளிக்குழாய் களைக் கொண்ட கருவிகள் உதவுகின்றன. இத்தகைய கருவி ஒன்றைப் ஃபோர்னியர் - டி - ஆல்பே (Fournier D' Albe) என்பார் உருவாக்கியுள்ளார். சுரங்களின் அதிர்வெண்ணுக்குப்



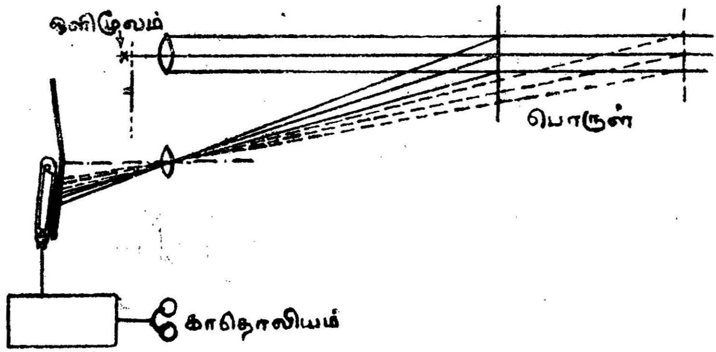
படம் 29.8
அச்செழுத்துகளைப் பார்வையில்லாதவர்கள் படிக்க உதவும் கருவி.

பொருந்தக் கூடிய அலைநீளத்தில் ஒளி செலுத்தப்படுகிறது. இந்த ஒளியை ஐந்து அல்லது அதிகமான தொளைகளையுடைய தட்டு ஒன்று தடுக்கிறது. (படம் 29.8)

இந்தத் தட்டின் பிம்பம் புத்தகத்தில் உள்ள அச்சு வரியில் பட்டுப் பிரதிபலித்து அதற்கருகில் வைக்கப்பட்டுள்ள கடத்தி - ஒளி மின்கலத்தில் படுகிறது. இதன் வெளியீடு, காதொலி யத்தில் (head phone) ஒலி கேட்கச் செய்கிறது. அச்சிலுள்ள கறுப்பு வெள்ளையைப் பொறுத்து வெவ்வேறு ஒலிகள் கேட்கும். இந்த ஒலிகளை அவற்றிற்குத் தகுந்த எழுத்துகளாகப் புரிந்து கொள்ளவேண்டும்.

இத்தகைய முறையில் வேகமாகப் படிக்கக்கூடிய கையடக்க மான சிறிய கருவியொன்றைச் சோரிகின், ஃபுளோரி (Zworykin, Flory) ஆகியோர் செய்துள்ளனர். பேழைவை விடச் சற்றுப் பெரியதான கருவியிலிருந்து, சிறிய ஒளிக்கற்றை வெளிப்பட்டுப் புத்தகத்திலுள்ள அச்சில் படுகிறது. பிரதிபலிக்கும் ஒளி அதே கருவியின் வழியாகச் சென்று ஒளிக்குழாயில் படுகிறது. ஒளிக் குழாயின் வெளியீடு, வேறொரு பெட்டிக்குச் சென்று, மின் மாற்றங்கள் பெற்றுக் காதொலியத்தில் ஒலியாகக் கேட்கிறது.

குருடர்களுக்கு வழியிலுள்ள தடைகளை உணர்த்துவதற்கும் ஒளிக்குழாய்கள் உதவுகின்றன. இத்தகைய கருவி இன்னும் சோதனை நிலையிலேயே இருக்கிறது. இக் கருவி (படம் 29.9) ஒழுங்குபடுத்தப்பட்ட ஒரு கூர்மையான ஒளிக்கற்றையைப்



படம் 29.9
அந்தகர்களுக்கு வழியிலுள்ள தடைகளை உணர்த்தும் கருவி.

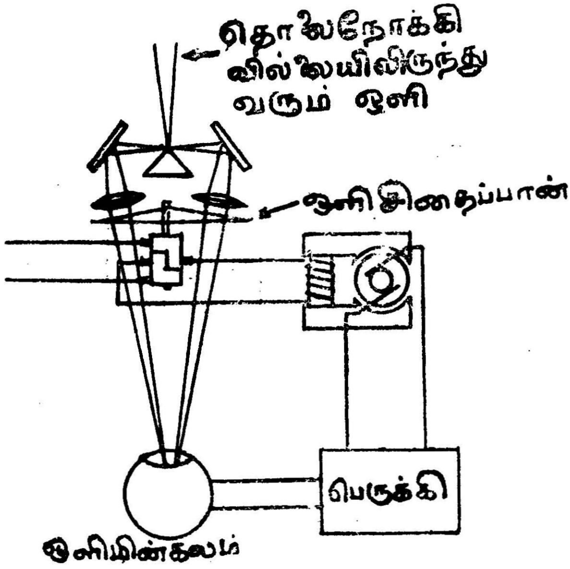
பாதையில் செலுத்துகிறது. இந்த ஒளிக்கற்றை வழியிலுள்ள தடையில் பட்டுப் பிரதிபலிக்கிறது. பொருள் எவ்வளவு தொலைவிலிருக்கிறது என்பதைப் பொறுத்துப் பிரதிபலிக்கும்

ஒளி, 'முறைப்படுத்தும் கம்பி'யின் வெவ்வேறு இடங்களில் விழுகிறது. இதிலிருந்து ஒளி, ஒளிக்குழாயில் பட்டுப் பெருக்கப் பட்டுக் காதிலுள்ள கேட்கும் கருவியில் ஒலியாகக் கேட்கிறது.

தடைகள் 3, 5, 7, 10, 20 அடித்தொலைவுகளில் இருக்கும் போது, அந்தந்தத் தொலைவுகளுக்கேற்ப வெவ்வேறு ஒலிகள் கேட்கும். எனவே, இக் கருவியைக் கொண்டு 20 அடித்தொலைவி லுள்ள தடையைத்தான் உணரமுடியும். ஆனால், அந்தத் தொலைவிற்குள் உள்ள தடைகளைச் சாதாரணக் கைத்தடி கொண்டே உணர்ந்துகொள்ளலாம். எனவே, அதிக தொலைவு களுக்குப் பயன்தரும் வகையில் இக் கருவியைச் சீர்படுத்தி முன்னேற்ற ஆய்வுகள் நடைபெறுகின்றன.

வானிலை ஆராய்ச்சியில் ஒளிக்குழாய்கள்

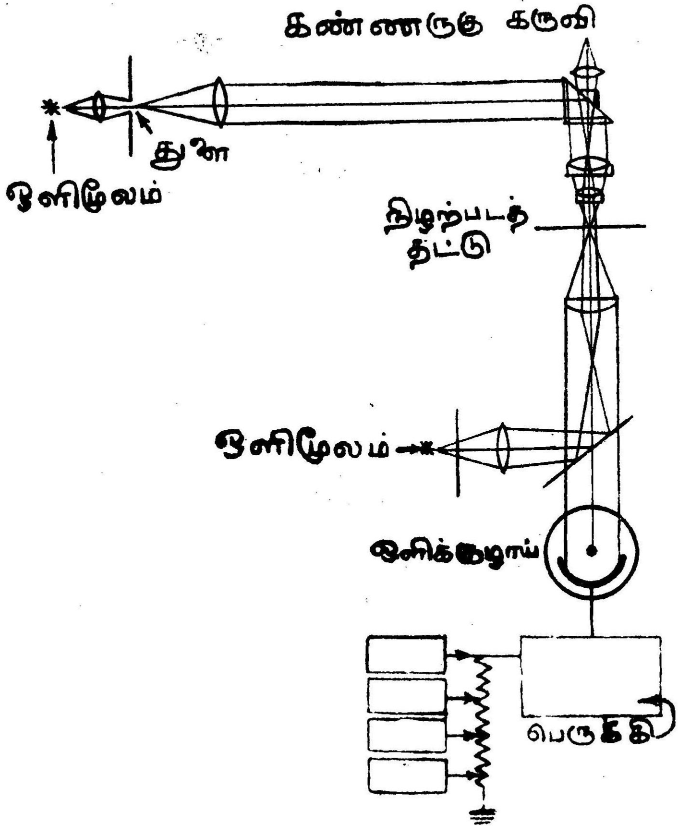
பெர்லின் நகரிலுள்ள ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் கி.பி. 1924 ஆம் ஆண்டு குத்னிக் (Guthnik) என்பவர் விண்மீன் செறிவுகளை அளக்க (star intensity) 50 அங்குலப் பிரதிபலிப்பானையும், ஒளிக்



படம் 29. 10
ஒளிமின் கட்டுப்பாடுடைய தொலைநோக்கி.

குழாய்களையும் பயன்படுத்தினர். அதன் பின்னர், ஸ்ட்ராம்கிரன் (Stromgren) என்பவர் நிலையான விண்மீன் இடங்களைச் சரியாகக் கண்டுபிடிக்க ஒளிக்குழாய்களைப் பயன்படுத்தினர்.

நீண்ட காலத்திற்குத் திறந்திருக்கும் தொலை நோக்கிகளில், விண்மீன் பிம்பங்கள் நிலையான இடங்களில் இருப்பதற்கு ஒளிக் குழாய்கள் உதவுகின்றன. ஒளிக்குழாய்களைக் கொண்டு இயங்



படம் 29. 11
விண்மீன்களை எண்ணுவதற்கான அமைப்பு.

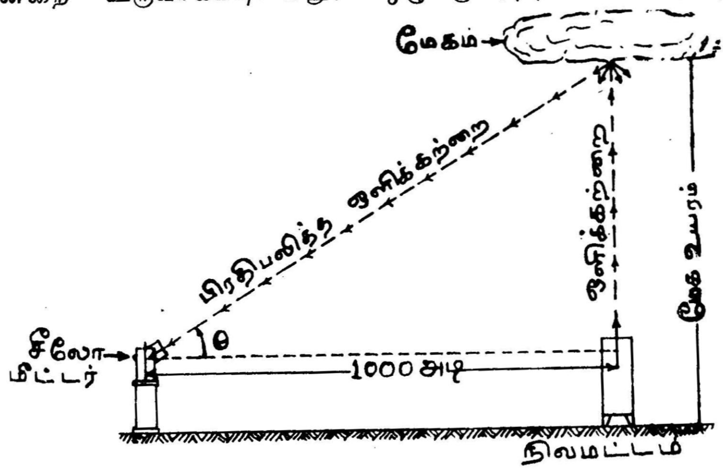
கும் இத்தகைய தொலைநோக்கி ஒன்றை விட்போர்டு, கிரான் (Whitford, Kran) ஆகியோர் கி.பி. 1937 - ல் உருவாக்கினர்கள்.

விண்மீனின் பிம்பம் ஒரு முப்பட்டகத்தின் கூரைப் பகுதியில் விழுகிறது. (படம் 29.10). இதில் படும் ஒளிக்கதிர் இரண்டாகப் பிளவுபட்டு ஆடிகள் வில்லைகள் அடங்கிய ஒளியியல் முறையில் ஒரே ஒளிக்குழாயின் எதிர்மின்வாயில் விழுகிறது. ஆடி, வில்லை களைக் கடந்து வரும் ஒளிக்கற்றையின் வழியில் ஒளி - சிதைப்பான்

(light chopper) வைக்கப் பட்டுள்ளது. விண்மீனின் பிம்பம், முப்பட்டகத்தின் மேற்பகுதியை விட்டு விலகினல், ஒளிமின்னேட்டத்தில் மாறுதல் ஏற்படுகிறது. இந்த மாறுதல் ஒரு மோட்டாரை இயக்கி, தொலைநோக்கியைச் சரிப்படுத்துகிறது.

ஒரு குறிப்பிட்ட எல்லைக்குள் இருக்கும் விண்மீன்களின் எண்ணிக்கையையும் அவற்றின் அளவையும் அறிவது, வானிலை ஆராய்ச்சியில் ஒரு முக்கியமான அம்சமாகும். ஒரே இடத்திலுள்ள விண்மீன்களின் எண்ணிக்கை ஏறத்தாழ 50,000 வரை இருக்கலாம். இவற்றின் அளவுகளுக்கேற்ப இவற்றைப் பிரித்து எண்ணுவதற்கு ஓர் ஒளிமின் முறையை மெக்கஸ்கி, ஸ்காட் Mc Cusky, Scott) ஆகியோர் கண்டுபிடித்தனர். பலதரப்பட்ட விண்மீன் பிம்பங்களும் சிறிய ஒளிப் பிம்பங்களாக மாற்றப் படுகின்றன. இவற்றிலிருந்து ஒளி ஒளிக்குழாயின்மீது விழுகிறது. ஒளிக்குழாயின் வெளியீடு பெருக்கப்பட்டு, இயந்திர முறையில் எண்ணப்படுகிறது. (படம் 29. 11).

அமெரிக்காவிலுள்ள வானிலை ஆராய்ச்சி நிலையம் மேகங்களின் உயரத்தை அளக்க, ஒளிக்குழாய்களைக்கொண்ட கருவி ஒன்றை உருவாக்கியுள்ளது. ஒழுங்குபடுத்தப்பட்ட ஒளிக்



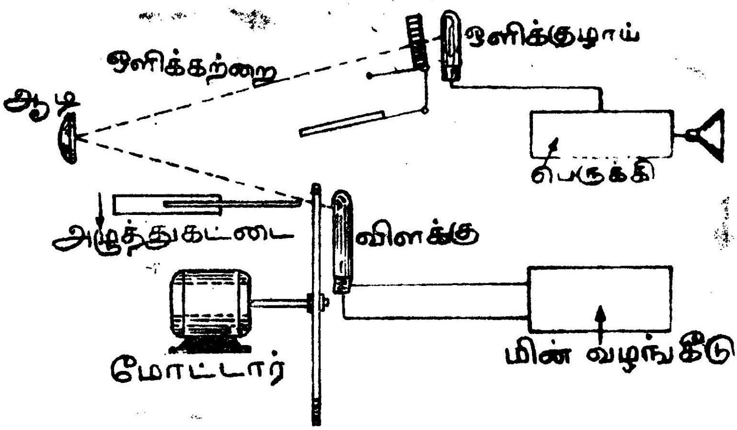
படம் 29. 12
மேகங்களின் உயரத்தைக் காணல்.

கற்றை மேல் நோக்கிப் பாய்ச்சப்படுகிறது. ஒளிக்கற்றை பாய்ச்சப்படும் இடத்திலிருந்து ஆயிரம் அடித் தொலைவில் ஒளிக்குழாயை உடைய சீலோ மீட்டர் (ceilometer) என்ற கருவி

வைக்கப்பட்டுள்ளது. வரிக்கண்ணோட்டமுடைய இந்தச் சீலோமீட்டர், பிரதிபலிக்கப்படும் ஒளியை எந்தக் கோணத்தில் (θ) பெறுகிறது என்பதைப் பொறுத்து மேகத்தின் உயரம் கணக்கிடப்படுகிறது. (படம் 29.12). மேக உயரம் $= \tan \theta \times 1000 +$ சீலோமீட்டரின் உயரம்.

ஒளிமின் இசைக்கருவி

ஒரு சிறிய ஒளிமின் இசைக்கருவியைக் காம்ப்பெல், கிரீன்லீ (Campbell, Greenlee) ஆகியோர் உருவாக்கினர். இதில் ஐந்து எண்மங்களுக்கான ஐந்து அடிப்படைத் தொகுதிகள் உள்ளன. ஓர் எண்மத்திற்கான தொகுதி படம் 29.13-ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. பன்னிரண்டு சுரங்களுக்கான பன்னிரண்டு வட்டமான ஒளிப் பாதைகளையுடைய ஓசைச் சக்கரத்தின் வழியாக ஒளிக்கற்றை செல்கிறது. கருவியிலுள்ள சாவி கீழ்நோக்கி அழுத்தப்



படம் 29.13
ஒளிமின் இசைக்கருவி.

பட்டால், ஒளி சென்று ஓர் ஆடியில் பட்டுப் பிரதிபலித்து ஒளிக்குழாயின் எதிர்வாயில் படுகிறது. ஒளிமின்னோட்டம் பெருக்கப்பட்டு, ஒலி பெருக்கிக்குச் செல்கிறது.

30. எதிர்காலத்தில் ஒளிமின்கலங்கள்

இந்த நாள் வரையில் ஒளிமின்கலங்களைப் பற்றிய நுணுக்க அறிவு எப்படி வளர்ச்சியடைந்ததோ அதேபோல வருங்காலத்திலும் வளர்ச்சியடையும் என ஐயமின்றி நம்பலாம். ஒளிமின் இயலில் புதுமைகள் கண்டுபிடிக்கப்படும்போது, புதிய பயன் முறைகள் கண்டுபிடிக்கப்படும். எனவே, தொடர்ந்த ஆராய்ச்சிகளின் காரணமாகப் பல புதிய கண்டுபிடிப்புகள் உருவாகும்.

எல்ஸ்டர், கெய்ட்டல், ஹால்வாக்ஸ் ஆகியோர், திரும்பவும் உண்டாக்கக்கூடிய, நிலையான பண்பியல் கொண்ட, ஒளிமின் கலங்களை உருவாக்கிய பிறகு, ஒளி அளவியலில் ஒளிமின் விளைவு படிப்படியாகப் பயன்படுத்தப்பட்டது. இதனால் கட்புலனாகும் ஒளிக்கும் புற ஊதாவிற்கும் உணர்திறனுள்ள பொருள்களை அவர்கள் கண்டுபிடிக்கத் தொடங்கினர்கள். அதன் பலனைக் கட்புலனாகும் ஒளிக்கும் புறச் சிவப்பிற்கும் உணர்திறனுள்ள வெற்றிடமாக்கப்பட்ட கார உலோக ஒளிமின்கலங்கள் கிடைத்தன.

கட்புலனாகும் ஒளியில் பயன்தரக்கூடிய உறுதியான கலங்கள் அமைக்கப்பட்ட பின்னர், அவற்றின் பயன்முறைகள் பன்மடங்காயின. அதனால் அதிக உணர்வு நுட்பமுள்ள கலங்கள் தேவைப்பட்டன. முக்கியமாகத் தொலைக்காட்சி அமைப்புகளின் தேவையே, பெருக்கி ஒளிக்குழாய், பிம்பக்குழாய் போன்ற முற்றிலும் புதுவகையான ஒளிமின்கலங்களை உருவாக்க உதவியது.

இப்படிப்பட்ட மிக அதிக உணர்வு நுட்பம் உள்ள பெருக்கி ஒளிக்குழாய்களைக் கொண்டு மிகமிகச் சிறிய அளவுள்ள ஒளிகூடத் துல்லியமாக அளக்கப்பட்டது; அதிவேகம்கொண்ட துகள்களும், எக்ஸ்-கதிரின் குவான்டங்களும் எண்ணி அளவிடப்பட்டன. புறச்சிவப்புக்கு உணர்திறனுள்ள ஒளிக் குழாய்களைக்

கொண்டு கண்ணுக்குப் புலனாகாத பொருள்களிலிருந்து வரும் வெப்பக் கதிர்களைக் கண்டுணர்ந்து, அப் பொருள்களின் பிம்பங்களைத் திரையில் பார்க்கவும் முடிந்தது.

புறச்சிவப்பு-உணர் அமைப்புகளில், சீசியம் எதிர்மின்வாய் பிம்பக்குழாய் இறுதியானதாக இருக்கவில்லை. அது, தெரிந்த எல்லைக்கு அப்பாலுள்ள புறச்சிவப்புக் கதிர்களுக்குப் பலன் கொடுக்கும் ஒளிமின் வளர்ச்சிக்கு வழி கோலியது. அக் கலங்கள் மற்ற முறைகளால் பகுத்துக் காண முடியாத கதிர் வீச்சுகளைச் சைகைக்குப் பயன்படுத்தின. லெட் சல்ஃபைடு, லெட் செலினைடு போன்ற கடத்தி-ஒளிமின்கலங்கள் இத் தேவையை நிறைவு செய்தன.

எதிர்கால வளர்ச்சிக்கான வாய்ப்பு

அதிக அலைநீளமுள்ள நிறமாலைப் பக்கம் நல்ல பலன்கள் கொடுக்கக்கூடிய ஒளி உணர்வுநுட்பம் அல்லது "**குவான்டம் இயக்குதிறம்**" உள்ள ஒளிமின் வெளிவிடு அமைப்புகளை உருவாக்குவதில் முன்னேற்றம் உண்டாகலாம். ஆனால், அதிக அலைநீளக் கதிர் வீச்சுக்கு உணர்வு நுட்பத்தை அதிகரிப்பது நல்லதன்று. ஏனெனில், அலைநீளம் அதிகரிக்கும்போது, ஆற்றல் சுற்றுப் புறங்களுக்கு வெப்பமாகச் செல்லுவதால், கதிர்வீச்சின் செறிவை அதிகரிக்கும் அமைப்புகள் தேவைப்படுகின்றன. மேலும், அதிக அலைநீளத்தில் சைகை வெளிவிடும் அமைப்புகளை உண்டாக்குவது மிகக் கடினமானது.

எந்த அலைநீளத்திற்கும், ஓர் ஒளி உணர்திறன் அமைப்பின் குவான்டம் இயக்குதிறத்தின்மேல் எல்லை, ஒன்று குவான்டம் இயக்குதிறத்தை அதிகரிப்பதால் அளக்கப்படும்; அல்லது மீட்கப்படும் ஒளிச் சைகையின் சிறும அளவு குறைக்கப்படுவதில்லை. இப்போதுள்ள ஒளிக்குழாய்களின் குவான்டம் இயக்குதிறங்களை ஆராயும்போது, குறைந்த அலைநீளப் பக்கம் அதிக பலனை உண்டாக்கும் அமைப்புகளை உருவாக்க வாய்ப்பில்லை எனத் தெரிகிறது. மேலும், அதிக அலைநீளப் பக்கம் (முக்கியமாகச் சிவப்பு, புறச்சிவப்பு எல்லைகளில்) அதிக பலனைக் கொடுக்கும் அமைப்புகளை உருவாக்கும் வாய்ப்பு உள்ளது என்பதும் தெரிகிறது.

காட்சியை மேம்படுத்துதலின் இறுதி எல்லை

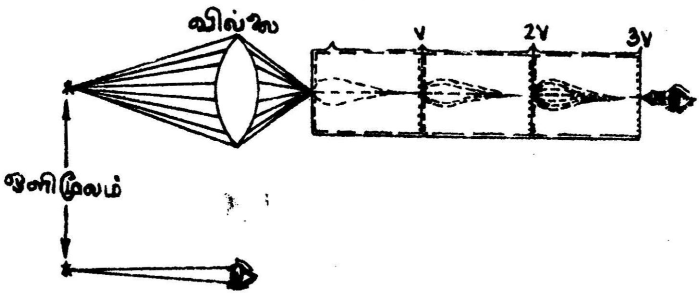
மனிதக் கண்ணின் காணுந் திறத்தை மேம்படுத்த ஒளிமின் விளைவை எவ்வாறு பயன்படுத்த முடியும் என ஆராயப்பட்டது.

இதில் மனிதக் கண்ணால் பார்க்க முடியாத புறஊதா, புறச் சிவப்பு ஒளியைக் காணும்படி செய்வதோடல்லாமல், கண்ணின் உணர்வு நுட்பத்தின் உச்ச அளவை எப்படி அதிகரிப்பது என்பதும் கவனிக்கப்பட வேண்டும். மனிதக் கண் ஓர் அதிக உணர் திறனுள்ள உறுப்பு. ஒற்றை நிறக் காட்சி விழித்திரையின் ஓரத்தில் உண்டாகிறது. கண்ணின் பெரும அளவு உணர்வு நுட்பம் 5100 A.U-ல் நிகழ்கிறது.

ஒற்றை நிறக் காட்சியில் உணர்வு நுட்பத்தின் உச்ச அளவில்° ஒளியின் உணர்ச்சி கண்ணுக்கு உண்டாக 70 குவான் டங்கள் போதுமானவையென மதிப்பிடப்பட்டது. இதில் 4 ஒளிக்குவான்டங்களே உட்கவரப்பட்டுக் காட்சியை உண்டாக்க உதவுகின்றன.

ஒளிமூலம் 30'' கோண அளவுக்கு விரிவுபட்டிருந்தாலும் அம் மூலத்தைக் கண்டுணரக் கண்ணுக்குத் தேவைப்படும் குவான் டங்களின் எண்ணிக்கை அதிகரிப்பதில்லை. காட்சியின் பொலிவு அதிகரிக்கும்போது கண்ணின் பகுதிறனும் (resolving power) அதிகரிக்கிறது.

புலனுணர்வை மேம்படுத்தப் பயன்படும் ஓர் ஒளிமின் அமைப்பு, படம் 30. 1 - ல் காட்டப்பட்டுள்ளது. இந்த அமைப்பு, பெருக்கி - ஒளிமின்கலப் பகுதியில் முன்பே சுருக்கமாகக் கூறப் பட்டுள்ளது. I என்பது பல அடுக்குப் பிம்பக் குழாய். அதன் ஒளி எதிர்மின்வாயின் மேல் O என்ற பொருளின் பிம்பம், L



படம் 30. 1
புலனுணர்வை மேம்படுத்தும் ஒளிமின் அமைப்பு.

என்ற பெரியதொளையுள்ள வில்லையால் குவிக்கப்படுகிறது. பிம்பக்குழாய் பிம்பத்தின் ஒளியைப் பலமடங்கு அதிகப்படுத்திய பிறகு பிம்பத்தைக் கண்ணின் பார்வைக்கு வைக்கிறது.

ஒளி எதிர்மின்வாயிலிருந்து வரும் ஒவ்வோர் எலெக்ட்ரானுக்கும் கடைசித் திரையிலிருந்து பல ஒளிக் குவான்டங்கள் வெளிப்படுவதால், கண்ணின் விழித்திரையில் உண்டாகும் பிம்பத்தின் சைகை - இரைச்சல் விகிதம், வில்லையால் ஏற்கப்பட்ட ஒளிக் கூம்பின் திண்மக் கோணத்தாலும் ஒளி எதிர்மின்வாயின் குவான்டம் இயக்குதிறத்தாலும் அறுதியிடப்படுகிறது.

விழித்திரையில் படும் 40 குவான்டங்களுள் ஒரு குவான்டம் உட்கவரப்பட்டுக் காட்சி உணர்வை உண்டாக்குவதாக வைத்துக் கொள்வோம். வில்லையின் விட்டம் D என்றும், கண் பாப்பாவின் விட்டம் d என்றும் வைத்துக்கொண்டால், வெறும் கண்ணின் சைகை - இரைச்சல் விகிதத்தைவிட, இக் கண்ணின் விகிதம் $6\, k^2\, D/d$ அளவு அதிகமாக உள்ளது. மங்கலாக ஒளியூட்டப்பட்ட காட்சியைப் பார்க்கும்போது, இந்த அதிகரிப்பு, காட்சியின் விவரங்களைத் தெளிவாகக் கண்ணுக்குக் காட்டும்.

ஒளிச் செறிவுக்குத் தகுந்தாற்போலக் கண் தன் காணுந் திறனைச் சரி செய்துகொள்கிறது. மேலே கூறப்பட்ட அமைப்பின் செயல், தொலை நோக்கி நுண்ணோக்கிகளின் செயலை ஒரு வகையில் ஒத்துள்ளது. இருப்பினும் இங்குக் கண் உணரும் பிம்பத்தின் ஒளி, பொருளின் ஒளியைவிட அதிகமாக இல்லை. வெறும் கண்ணுக்குத் தெரியாத விவரங்கள் இதன் மூலம் காணப்பட்டாலும், இந்த விவரங்கள் அதிகமான திண்மக் கோணத்தில் விரிவுற்றிருப்பதால், பிம்பம் பொருளைவிடக் கூர்மையற்றதாக இருக்கும்.

வில்லையின் பெரிய தொளையும் பிம்பச் செறிவுக் குழாயும் சேர்ந்து பிம்பத்தின் உருவத்தைப் பெரிதாக்காமல் அதிக ஒளியையும் பகுதிறனையும் கொடுக்கின்றன. ஆகவே, ஒளிமின் விளைவைக்கொண்டு, சிறிய அளவு ஒளியை வெளிவிடுவதால் இப்போது கட்புலனாகாத பொருள்களையும் கண்டறிய வாய்ப்பு உண்டு.

கச்சிதமான ஒளிமின்கலங்கள்

கணக்கீட்டு முறையில் மிகச் சிறிய அளவுள்ள ஒளியைப் பகுத்துக் காணும் பெருக்கி - ஒளிக்குழாய்களை அமைக்கும் வாய்ப்புடன், மிக மிக அதிகமான வெளிவரு ஒளிமின்னோட்டத்தைக் கொடுக்கக்கூடிய எளிய இயக்கம்கொண்ட கச்சிதமான (compact) கலங்கள் அமைக்கப்படும் வாய்ப்பும் உள்ளது. முன் பகுதி ஒன்றில் விவரிக்கப்பட்ட கடத்தி - ஒளிமின் தன்மையுள்ள காட்மியம் சல்ஃபைடுப் படிகங்கள் இந்த வாய்ப்பை அதிகரிக்

கின்றன. இந்தப் படிகங்களிலும் தாலஸ் சல்ஃபைடுக் கடத்தி - ஒளிமின்கலங்களில் போன்று, ஒளிமின்னேட்டத்தால் கொண்டு செல்லப்படும் மின்னூட்டங்களின் எண்ணிக்கை முதன்மை ஒளி மின் கிளர்ச்சிகளின் எண்ணிக்கையைவிட மிகமிக அதிகமாக உள்ளது.

அந்த மாதிரியான இரண்டாம்நிலை மின்னேட்டங்கள் இரண்டு வெவ்வேறு வழிகளில் உண்டாகலாம். ஒன்று, படிகத்தின் மின்னூட்டப் பகிர்வு ஒளிக்கிளர்ச்சியினல் மின்வாய் களுக்கிடையில் மின்னேட்டம் நிகழும் வண்ணம் மாற்றி அமைக்கப் படலாம்; அல்லது முதன்மை ஒளி எலெக்ட்ரான்கள் மோதுகை களுக்கிடையில் போதிய முடுக்கம் பெற்று மற்ற எலெக்ட்ரான் களைக் கிளர்ச்சியுறச் செய்து ஒவ்வொரு முதன்மைக் கிளர்ச் சிக்கும், எலெக்ட்ரான்களின் வீழ்ச்சியையே உண்டாக்கலாம்.

தாலஸ் சல்ஃபைடில் உண்டாகும் இரண்டாம்நிலை மின் னேட்டத்தை விளக்குவதற்கு முதலில் கூறப்பட்ட நுணுக்கம் கையாளப்பட்டது. சூழ் மின்னூட்டப் பகிர்வை மாற்றியமைக்கும் ஒளிக் கிளர்ச்சி நிலை அதிக நேரம் நிலைத்திருக்கவேண்டியிருப்ப தால், அதிக மின்னேட்ட ஈட்டம் அதிக காலதாமதத்துடன் இணைந்துள்ளது. மேலும், இவற்றின் ஒளிமின் பலன் நேர்க் கோட்டுச் சார்பற்றதாக இருக்கும்.

இரண்டாவதாக விளக்கப்பட்ட நுணுக்கம், மெல்லிய மின் காப்பான் அடுக்குகளில், அப் பொருளின் முறி மின்னழுத்தத் திற்கு (breakdown potential) அருகிலுள்ள மின்புலம் கொடுக்கப் படும்போது சரியாக அமைகிறது. இருப்பினும் இருவகைக் கடத்தி - ஒளிமின்கலங்களும் அவற்றின் கச்சிதமான அமைப் பாலும், இயக்க எளிமையாலும் எதிர்காலத்தில் அதிகமாகப் பயன்படும் வாய்ப்பு உள்ளது.

சூரிய ஆற்றலை மின்திறனக மாற்றுதல்

பாலைவனங்களிலும், நீர்ப் பரப்புகளிலும் விழும் ஏராளமான சூரிய ஆற்றல் வீணுகப் போகிறது. சாதாரணமாக ஒவ்வொரு சதுர மீட்டர் பரப்பிலும் ஏறத்தாழ 1000 வாட் ஆற்றல் ஒவ்வொரு செகண்டிலும் விழுகிறது. ஆகவே, இந்த அளவுகடந்த ஆற்றலைப் பயனுள்ள வேலைகளுக்குப் பயன்படுத்த முயற்சிகள் எடுக்கப் பட்டன.

வோல்ட்டா ஒளிமின்கலங்களைக் கொண்டு சூரிய ஒளியை மின் ஆற்றலாக்க முயல்வது ஒரு மிக எளிய முறையாகும். செலினியம் கலத்தின் பெரும] அளவு மாற்றும் திறனை ஒரு

லூமனுக்கு 58 மைக்ரோ வாட் என்றும், பூமியின் பரப்பை அடையும் சூரிய ஆற்றலின் ஒளி அடக்கம் ஒரு வாட்டுக்கு 100 லூமன் என்றும் வைத்துக்கொண்டால், செலினியம் கலத்தின் சூரியக் கதிர் வீச்சு மாற்றுந்திறன் 0·6 சதவீதமாகிறது. ஆகவே, ஒரு சதுர மீட்டர் பரப்பிற்குச் சூரியன் கொடுக்கும் 140 வாட் திறனுக்கு, கலத்தின் ஒரு சதுர மீட்டர் பரப்பு 1 வாட் மின் திறனைத்தான் கொடுக்க முடிகிறது. இதுவே ஒரு சதுர மைல் பரப்பிற்கு 2000 கிலோ வாட் அளவாகிறது.

ஆனால், இந் நாள் வரையில் வோல்ட்டா ஒளிமின்கலத்தைக் கொண்டு சூரிய ஆற்றலை மின் திறனாக மாற்றும் முறை (நீர்த்திறன் மாற்றுதல், காற்றுத்திறன் மாற்றுதல் போல) சிக்கனமானதாக இல்லை. குறைவான மாற்றுந்திறன், அதிகமான செலவு, நேர்த் திசை மின்னோட்டத்துடன் சேர்ந்த வசதியற்ற மின்திறன் போன்றவையே இதற்குக் காரணம்.

சூரிய ஆற்றலை மின்திறனாக மாற்றத் திறமை மிக்க, சிக்கன மான, எளிய ஒளிமின்கலங்கள் எதிர்காலத்தில் கண்டுபிடிக்கப் படலாம்.

ஒளிக் குழாய்களுக்கான புதிய பொருள்கள்

மிகக் கனமான கார உலோகமான ஃபிரான்சியம் (francium), சீசியம் உணர்திறன் பரப்புகளைவிடச் சிவப்பு, புறச்சிவப்பு ஒளிக்கு அதிக உணர்திறனுள்ள ஒளி எதிர்மின்வாயாக அமைக்கப்படும் வாய்ப்பு நெடுந்தொலைவில் உள்ளது. இந்தத் தனிமத்தின், தெரிந்துள்ள ஒரே, ஐசடோப் கதிரியக்கமுள்ளது; அதன் அரை ஆயுள் 21 நிமிடம். ஆனால், எதிர்காலத்தில் இந்த உலோகத்தின் கூட்டு உலோக எதிர்மின்வாய்கள் அமைக்கும் முறைகள் வழக்கத்தில் வரலாம். அவற்றின் பண்பியல்கள் மிக முன்னேற்ற மடைந்தவையாக இருக்கலாம்.

ஒரு சமயம் ஆன்டிமனி - சீசியம் பரப்பு ஒளி எதிர்மின்வாய் களின் வியக்கத்தக்க பண்புகள் தெரியாமல் இருந்தன. அதே போல, தற்செயலாகவோ, ஆராய்ச்சிகள் மூலமாகவோ, வேறு பல திடப்பொருள்களின் மின்னியல் பண்புகள் எதிர்காலத்தில் புலனாகலாம்.

மிகுந்த கவனத்துடனும் ஆழ்ந்த பொறுமையுடனும் செய்யப் படும் தொடர்ந்த ஆய்வுகளின் காரணமாக, ஒளிமின் இயலில் அறிவியல் அறிவு அதிகரித்து, அன்றாட வாழ்க்கை வசதிகள் பல்கிப் பெருகும் வாய்ப்பு உள்ளது எனத் திட்டமாக நம்பலாம்.

பிற்சேர்க்கை

(i) இயல்பியல் மாறிலிகளின் மதிப்புகள்

ஒளியின் திசைவேகம்	c	=	$2 \cdot 9978 \times 10^{8}$ மீட்டர்/செக.
எலெக்ட்ரானின் ஆற்றல்	e	=	$-1 \cdot 6020 \times 10^{-19}$ கூலும்.
எலெக்ட்ரானின் நிறை	m	=	$9 \cdot 107 \times 10^{-31}$ கி.கி.
மின்னூட்ட நிறைத்தகவு	e/m	=	$1 \cdot 759 \times 10^{11}$ கூலும்/கி.கி.
பிளாங்க் மாறிலி	h	=	$6 \cdot 624 \times 10^{-34}$ ஜூல்/செக.
அவெகேட்ரோ எண்	N_0	=	$6 \cdot 023 \times 10^{26}$ கி.கி.—மோல்.
போல்ட்ஸ்மென் மாறிலி	k	=	$1 \cdot 3805 \times 10^{-23}$ ஜூல்/^{0}.
ஒரு வோல்ட் எலெக்ட்ரானின் திசைவேகம்		=	$5 \cdot 932 \times 10^{5}$ மீட்/செக.
ஒரு வோல்ட் எலெக்ட்ரானின் டீபிராக்லி அலைநீளம்		=	$12 \cdot 262 \times 10^{-10}$ மீட்டர்.
வெப்ப - இயந்திர ஆற்றல் இணைமாற்று		=	$4 \cdot 185 \times 10^{-3}$ ஜூல்/கலோரி.

(ii) MKS அலகுகளும் மாற்றுக் கூறுகளும்

நீளம்

1 மீட்டர் (m) = 100 செண்டிமீட்டர் = 1000 மில்லி மீட்டர்.
= 10^6 மைக்ரான் (μ) = 10^9 மில்லி மைக்ரான்.
= 10^{10} ஆங்க்ஸ்ட்ராம் அலகு (A.U.).
= 10^{13} எக்ஸ் அலகு (X.U.)
= 3·2808 அடி = 39·37 அங்குலம்.

நிறை

1 கிலோகிராம் (kg) = 1000 கிராம்.
= 2·2046 பவுண்டு (lb)
= 35·274 அவுன்சு (oz)

நேரம்

1 செகண்டு (sec) = $1{\cdot}6667 \times 10^{-2}$ நிமிடம்.
= $2{\cdot}7778 \times 10^{-4}$ மணி.
= $1{\cdot}1574 \times 10^{-5}$ நாள்.
= $3{\cdot}1628 \times 10^{-8}$ வருடம்.

விசை

1 நியூட்டன் = 10^5 டைன்.
= 101·97 கிராம் வெயிட்.
= 7·233 பவுண்டல்.
= 0·2248 பவுண்ட் வெயிட்.

அழுத்தம்

1 நியூட்டன்/மீட்டர்^{2} = 10 டைன்/செ.மீ.^{2}.
= $7{\cdot}5006 \times 10^{-3}$ மி.மீ. பாதரசம்.
= $1{\cdot}4504 \times 10^{-4}$ பவுண்டு/அங்.

ஆற்றல்

1 ஜூல் = 10^7 எர்க்.
= $2{\cdot}778 \times 10^{-7}$ கிலோவாட் - மணி.
= $0{\cdot}2389$ கிராம் - கலோரி.
= $2{\cdot}3889 \times 10^{-4}$ கி.கி. - கலோரி.
= $9{\cdot}48 \times 10^{-4}$ பிரிட்டிஷ் வெப்ப அலகு.

திறன்

1 வாட் = 10^7 எர்க்/செக.
= 10^{-3} கிலோவாட்.
= $1{\cdot}3412 \times 10^{-3}$ குதிரைச் சக்தி (HP).
= 650 லூமன்.

தடை

1 ஓம் = 10^{-6} மெகா ஓம்.
= $1/9 \times 10^{11}$ e.s.u.
= 10^9 e.m.u.

மின்னோட்டம்

1 ஆம்ப்பியர் = 10^3 மில்லி ஆம்ப்பியர் (ma).
= 10^6 மைக்ரோ ஆம்ப்பியர் (μa).
= 3×10^9 e.s.u. = 10^{-1} e.m.u.

மின்னழுத்தம்

1 வோல்ட் = 300^{-1} e.s.u.
= 10^8 e.m.u.

மின்னூட்டம்

1 கூலும் = 3×10^9 e.s.u.
= 10^{-1} e.m.u.

தேக்குதிறன்

1 பாரட் = 10^6 மைக்ரோ பாரட் (μf).
= 10^{12} மைக்ரோ மைக்ரோ பாரட்.
= 9×10^{11} e.s.u.
= 10^{-9} e.m.u.

மின்நிலைமம்

1 ஹென்றி = 10^3 மில்லி ஹென்றி (mh).
= 10^6 மைக்ரோ ஹென்றி.
= $(9 \times 10^{11})^{-1}$ e.s.u.
= 10^9 e.m.u.

மின்புல வலிமை

1 வோல்ட்/மீட்டர்^{2} = $(3 \times 10^4)^{-1}$ e.s.u.
= 10^6 e.m.u.

காந்தப் பாயம்

1 வெபர் = 300^{-1} e.s.u.
= 10^8 மாக்ஸ்வெல்.

காந்தப் பாய அடர்த்தி

1 வெபர்/மீட்டர்^{2} = $(3 \times 10^6)^{-1}$ e.s.u.
= 10^4 காஸ் (gauss).

காந்தப் புல வலிமை

1 MKS ஓர்ஸ்டெட் = 10^{-3} ஓர்ஸ்டெட்.
= 3×10^7 e.s.u.

ஒளிப்பாயம்

1 லூமன்

கதிர்ப்பாயம்

1 வாட் = 660 லூமன் (5500 A.U.).

ஒளிச்செறிவு

1 காண்டில்பவர்

பொலிவு

1 காண்டில்/மீட்டர்^{2} = 10^{-4} ஸ்டில்ப்.
= $3{\cdot}142 \times 10^{-4}$ லாம்பர்ட்.
= $6{\cdot}45 \times 10^{-4}$ காண்டில்/அங்.
= $0{\cdot}292$ அடி - லாம்பர்ட்.

ஒளி விளக்கம்

1 லக்ஸ் = $0{\cdot}0929$ அடிக்காண்டில்.
= 10^{-4} ஃபோட் (phot).

(iii) ஒளிமின்னாற்றல் தொடர்புகள்

அலைநீளம்	அதிர்வெண்	குவான்டம் ஆற்றல்	எலெக்ட்ரான் ஆற்றல்	எலெக்ட்ரான் திசைவேகம்	பெரும ஒளிமின் பலன்
λ *A.U.*	ν sec^{-1}	$h\nu$ எர்க்	$V = \frac{12336}{\lambda}$ வோல்ட்	$v = \sqrt{\frac{2h\nu}{m}}$ செ.மீ/விநாடி	$Y = \frac{e \times 10^8}{h \nu c}$ (ஆம்ப்/வாட்)[4]
0·001	$2{\cdot}998 \times 10^{21}$	$1{\cdot}96 \times 10^{-5}$	$1{\cdot}23 \times 10^{7}$	$2{\cdot}993 \times 10^{10}$	$8{\cdot}11 \times 10^{-8}$
0·01	$2{\cdot}998 \times 10^{20}$	$1{\cdot}96 \times 10^{-6}$	$1{\cdot}23 \times 10^{6}$	$2{\cdot}87 \times 10^{10}$	$8{\cdot}11 \times 10^{-7}$
0·1	$2{\cdot}998 \times 10^{19}$	$1{\cdot}96 \times 10^{-7}$	$1{\cdot}23 \times 10^{5}$	$1{\cdot}78 \times 10^{10}$	$8{\cdot}11 \times 10^{-6}$
0·5	$5{\cdot}996 \times 10^{18}$	$3{\cdot}93 \times 10^{-8}$	$2{\cdot}47 \times 10^{4}$	$9{\cdot}01 \times 10^{9}$	$4{\cdot}05 \times 10^{-6}$
1·0	$2{\cdot}998 \times 10^{18}$	$1{\cdot}96 \times 10^{-8}$	$1{\cdot}23 \times 10^{4}$	$6{\cdot}48 \times 10^{9}$	$8{\cdot}11 \times 10^{-5}$
10·0	$2{\cdot}998 \times 10^{17}$	$1{\cdot}96 \times 10^{-9}$	$1{\cdot}23 \times 10^{3}$	$2{\cdot}09 \times 10^{9}$	$8{\cdot}11 \times 10^{-4}$
1000·0	$2{\cdot}998 \times 10^{15}$	$1{\cdot}96 \times 10^{-11}$	12·34	$20{\cdot}88 \times 10^{7}$	$8{\cdot}11 \times 10^{-2}$
2000·0	$1{\cdot}499 \times 10^{15}$	$9{\cdot}81 \times 10^{-12}$	6·17	$14{\cdot}76 \times 10^{7}$	$1{\cdot}62 \times 10^{-1}$
5000·0	$5{\cdot}996 \times 10^{14}$	$3{\cdot}93 \times 10^{-12}$	2·47	$9{\cdot}34 \times 10^{7}$	$4{\cdot}05 \times 10^{-1}$
7000·0	$4{\cdot}283 \times 10^{14}$	$2{\cdot}80 \times 10^{-12}$	1·76	$7{\cdot}89 \times 10^{7}$	$5{\cdot}67 \times 10^{-1}$
10000·0	$2{\cdot}998 \times 10^{14}$	$1{\cdot}96 \times 10^{-12}$	1·23	$6{\cdot}60 \times 10^{7}$	$8{\cdot}11 \times 10^{-1}$
20000·0	$1{\cdot}499 \times 10^{14}$	$0{\cdot}98 \times 10^{-12}$	0·62	$4{\cdot}67 \times 10^{7}$	$16{\cdot}21 \times 10^{-1}$

படித்தற்குரிய நூல்கள்

Reference

1. A Treatise on light — Houston.
2. An introduction to nuclear physics — Flugge.
3. Applied electronics — Massachusettes Institute of Technology.
4. Electrical Engineer's handbook — Pender and Mc Ilwain.
5. Electricity in gases — Townsend.
6. Electron Emission and Adsorption Phenomena — De Boer.
7. Electron optics and the Electron image — Zworykin, Morton, Ramberg & Hilliar.
8. Electron and nuclear counters — Korff.
9. Emission of electricity from Hot bodies — Richardson.
10. Introduction to Modern Physics—Ritchmyer and Kennard.
11. Kinetic theory of gases -- Kennard.
12. Light and Work — Luckiesh.
13. Photocells — Zworykin and Wilson.
14. Photoelectric cells — Campbell and Ritchie.
15. Photoelectric cell applications — Walker and Lance.
16. Photoelectric cells and their applications — Atkins and Poole.
17. Photoelectric cells and their applications — Case.
18. Photoelectric cells and their applications — Lazlo.
19. Photoelectric cells and their applications — Moss.
20. Photoelectric cells and their applications — Schrotter and Michelson.
21. Photoelectricity — Allen.
22. Photoelectric phenomena — Hughes and Du Bridge.

23. Photoelements — Lanze.

24. Principles of Television — Fink.

25. Selenium cell — Barnard.

26. Television, the eletronics of image transmission - Zworykin and Morton.

27. The Electron — Millikan.

28. Vision by radio, Radio photographs, Radio photograms— Jenkins.

29. X-rays and Electrons — Compton.

கலைச்சொற்கள்

A

Absorption — உட்கவர்தல்
Accelerating potential — முடுக்க மின்னழுத்தம்
Adsorption — உறிஞ்சுதல்
Alkali metals — கார உலோகங்கள்
Alkaline earth metals — கார மண் உலோகங்கள்
Alloy surfaces — கலப்பு உலோகப் பரப்புகள்
Alpha particle — ஆல்ஃபாத் துகள்
Alphatron — ஆல்ஃபாட்ரான்
Anneal — வாட்டி வதக்குதல்
Azimuthal deflection — கிடைமட்டத் திசை விலக்கம்

B

Back wall cell — பின்புறச் சுவர் கலம்
Barrier layer cell — தடையடுக்கு ஒளிமின் கலம்
Becquerel effect — பெக்குரல் விளைவு
Betatron — பீட்டாட்ரான்
Brightness — பொலிவு

C

Cadmium sulphide cell — காட்மியம் சல்ஃபைடுக் கலம்
Carbon arc — கார்பன் வில்
Cathode ray tube — எதிர்மின் கதிர்க்குழாய்
Ceilometer — சீலோமீட்டர்
Classical theory — பழமையான கொள்கை
Colour sensitivity — நிற உணர்திறன்
Colour temperature — நிற வெப்பநிலை
Compton effect — காம்ப்டன் விளைவு
Contact potential — தொடர்பு மின்னழுத்தம்
Corpuscular radiation — துகள் கதிர் வீச்சு
Corpuscular theory — துகள் கொள்கை
Cosine law — கோசைன் விதி
Critical velocity — மாறுநிலை திசைவேகம்
Crossed fields — நேர்க்குத்துப் புலங்கள்

Cuprous oxide cell — குப்ரஸ் ஆக்சைடுக் கலம்
Cycloidal paths — வட்டப் புள்ளி நெறிவளைவுப் பாதை

D

Dark current — இருண்ட மின்னோட்டம்
Deflection — விலக்கம், விலகல்
Detection — கண்டுணர்தல், பகுத்தறிதல்
De Broglie wavelength — டி பிராக்லி அலைநீளம்
Diffused glow — மங்கிய பொலிவு
Disc of confusion — குழப்ப வட்டம்
Distortion — உருக்குலைவு
Dynamic characteristics — இயக்கநிலைப் பண்பியல் வளைகோடுகள்
Dye track — சாய வரி
Dynode — டைனோடு

E

Earphone — காதொலியம்
Eddy current — சுழி மின்னோட்டம்
Electric double layer — மின் இரட்டை அடுக்கு
Electric leakage — மின் கசிவு
Electrolysis — மின் பகுப்பு
Electrometer — எலெக்ட்ராமீட்டர்
Electrons, free — தன்னிச்சையான எலெக்ட்ரான்கள்
Electron gun — எலெக்ட்ரான் துப்பாக்கி
Electron lens — எலெக்ட்ரான் வில்லை
Electrostatic lens — நிலைமின்புல வில்லை
Electrostatic multiplier — நிலைமின்புலப் பெருக்கி
Emission cell — வெளிவிடு கலம்
Empty conduction band — காலியான கடத்தல் பட்டை
Energy bands — ஆற்றல் பட்டைகள்
Energy distribution — ஆற்றல் பகிர்வு
Energy level — ஆற்றல் மட்டம்
Energy relation — ஆற்றல் தொடர்பு
Equipotential surfaces — சம மின்னழுத்தப் பரப்புகள்
Exposure meter — ஒளிபடர்நேர அளவுமானி

F

Fascimile — நேர்படி
Fatigue, photoelectric — ஒளிமின் சோர்வு
Feedback inverse — எதிர்ப் பின்னூட்டம்
Fermi - Dirac statistics — பெர்மி டிராக் புள்ளியியல்
Films — ஏடுகள்
Flux density — பாய அடர்த்தி
Fluorescense — ஒளிர்தல்
Fluorimetry — ஒளிர்தல் அளவியல்
Flying spot microscope — பறக்கும் புள்ளி நுண்ணோக்கி
Flying spot scanning — பறக்கும் புள்ளி வரிக் கண்ணோட்டம்
Frequency band — அதிர்வெண் பட்டை
Front wall cell — முன்புறச் சுவர்க் கலம்

G

Gain — ஈட்டம்
Gas amplification — வாயுப் பெருக்கம்
Gas discharge counter — வாயு உமிழ் எண்ணி
Gas filled photoelectric cell — வாயு ஒளிமின்கலம்
Gas ionisation — வாயு அயனியாக்கம்
Geiger counter — கைகர் எண்ணி
Glow — கனல் ஒளி
Goniophotometer — கோனியா ஒளி அளவியல், மானி
Grid glow tube — கிரிட் ஒளிர் குழாய்

H

Hall effect — ஹால் விளைவு
Hallwachs effect — ஹால்வாக் விளைவு
Helical — திருகு சுழலான
Helix — சுழல் வட்டம்

I

Iconoscope — ஐகனஸ்கோப்பு
Illumination — ஒளி விளக்கம், ஒளியூட்டம்
Illumination control — வெளிச்சக் கட்டுப்பாடு
Image dissector — பிம்பப் பகுப்பி

Image orthicon	—	பிம்ப ஆர்திகான்
Image tube	—	பிம்ப ஒளிக்குழாய்
Infra red light	—	புறச் சிவப்பு ஒளி
Intensity of light	—	ஒளிச் செறிவு
Interface	—	பொது முகப்பு
Intrinsic semi-conductor	—	உள்ளியல்பான குறைகடத்தி
Inverse photoelectric effect	—	தலைகீழ் ஒளிமின் விளைவு
Incandescent lamp	—	வெண்சுடர் விளக்கு
Ionisation	—	அயனியாக்கம்
Ionisation chamber	—	அயனியாக்க அறை
Ionisation potential	—	அயனியாக்க மின்னழுத்தம்

K

Kerr cell	—	கெர் கலம்
Kinescope	—	கினெஸ்கோப்பு

L

Latent image	—	மறை பிம்பம்
Lead glass	—	ஈயக் கண்ணாடி
Lead sulphide cell	—	லெட் சல்ஃபைடுக் கலம்
Light curtain	—	ஒளித் திரை
Light source	—	ஒளி மூலம்
Lime glass	—	சுண்ணாம்புக் கண்ணாடி
Luminuous flux	—	ஒளிப் பாயம்
Lumen	—	லூமன்
Lux	—	லக்ஸ்

M

Magnetic flux	—	காந்தப் பாயம்
Magnetic lens	—	காந்த வில்லை
Mcleod gauge	—	மெக்லியாடு அளவி
Mercury arc	—	பாதரச வில்
Molybdenum	—	மோலிப்டினம்
Mono atomic layer	—	ஒற்றை அணு அடுக்கு
Monochromatic light	—	ஒற்றை நிற ஒளி
Modulation	—	பண்பேற்றம்
Multiplier phototube	—	பெருக்கி - ஒளிக்குழாய்

N

Nipkow disc	— நிப்கோ தட்டு
Normal photoelectric effect	— இயல்பான ஒளிமின் விளைவு

O

Optical system	— ஒளியியல் முறை
Optimum pressure	— உகந்த அழுத்தம்
Orthicon	— ஆர்திகான்

P

Pentode	— பென்டோடு
Philips gauge	— பிலிப்ஸ் அளவி
Phosphor	— நின்றொளிர் பொருள்
Photo chemical effect	— ஒளிவேதியியல் விளைவு
Photo conductive effect	— கடத்தி ஒளிமின் விளைவு
Photo conductivity cell	— கடத்தி ஒளிமின் கலம்
Photo electric cell	— ஒளிமின் கலம்
Photo electric current	— ஒளிமின்னோட்டம்
Photo electric effect	— ஒளிமின் விளைவு
Photo emissive effect	— வெளிவிடு ஒளிமின் விளைவு
Photo electric yield	— ஒளிமின் பலன்
Photometry	— ஒளி அளவியல்
Photo multiplier	— பெருக்கி ஒளிமின் கலம்
Photo sensitive surface	— ஒளி உணர் பரப்பு
Phototube	— ஒளிக்குழாய்
Photo voltaic cell	— வோல்ட்டா ஒளிமின் கலம்
Pick up	— எடுப்பி
Pirani gauge	— பிரானி அளவி
Positive primary photo-electric current	— முதன்மை நேர் ஒளி மின்னோட்டம்
Potential barrier	— மின்னழுத்தத் தடை
Precipitate	— வீழ்படிவு
Primary current	— முதன்மை மின்னோட்டம்
Pyrometer	— பைரோமீட்டர்

Q

Quantum efficiency	— குவான்டம் இயக்குதிறன்
Quantum energy	— குவான்டம் ஆற்றல்
Quantum equivalence	— குவான்டம் சமநிலை
Quenching	— தணித்தல்

R

Radiant energy	—	வீசுகதிர் ஆற்றல்
Radio wave	—	ரேடியோ அலை
Recorder	—	பதிவுக் கருவி
Rectifier photocell	—	திருத்தி ஒளிமின்கலம்
Reflectometer	—	பிரதிபலிப்புமானி
Refractometer	—	ஒளி விலகல்மானி
Relay	—	அஞ்சல்
Resolution	—	பிரிதிறன், பகுப்பு
Retarding potential	—	வேகங்குறைப்பு மின்னழுத்தம்
Rotometer	—	ரோட்டோமீட்டர்
Rubidium	—	ருபீடியம்

S

Scanning	—	வரிக்கண்ணோட்டம்
Schmidt telescope	—	ஸ்மிட் தொலைநோக்கி
Schotky effect	—	ஸ்காட்கி விளைவு
Seal	—	பற்றுசு வைத்துப் பொருத்துதல்
Secondary emission multiplier	—	இரண்டாம்நிலை வெளிவிடு பெருக்கி
Selective photoelectric effect	—	தேர்ந்த ஒளிமின் விளைவு
Selenium barrier layer cell	—	செலீனியம் தடையடுக்கு ஒளிமின்கலம்
Semi conductor	—	குறைகடத்தி
Sensitisation	—	உணர்திறனூட்டல்
Sensitivity	—	உணர்திறன், உணர்வு நுட்பம்
Shot noise	—	குண்டு இரைச்சல்
Signal plate	—	சைகைத் தட்டு
Sound recording	—	ஒலிப்பதிவு
Sound reproduction	—	ஒலி மீட்பு
Sound track	—	ஒலிவரி
Soft glass	—	மென் கண்ணாடி
Sommerfeld theory	—	சோமர்பெல்டு கொள்கை
Spatial distribution	—	திசை கோணப் பகிர்வு
Spectral distribution	—	நிறமாலைப் பகிர்வு
Spectral response	—	நிறமாலை ஒளிமின்பலன்
Spectro chemical analysis	—	நிறமாலை வேதியியல் பகுப்பாய்வு
Spectrophotometry	—	நிறமாலை ஒளி அளவியல்

Stopping potential — நிறுத்தும் மின்னழுத்தம்
Surface photoelectric effect — பரப்பு ஒளிமின் விளைவு

T

Tape fascimile — நாடா நேர்படி
Television — தொலைக்காட்சி
Tellurium — டெல்லூரியம்
Thallous sulphide cell — தாலஸ் சல்ஃபைடுக் கலம்
Thalafide cell — தாலஃபைடுக் கலம்
Thermal noise — வெப்ப இரைச்சல்
Thermionic emission — வெப்ப அயனி வெளிவிடுப்பு
Threshold — பயன்தொடக்க நிலை
Thyratron — தைரட்ரான்
Turbidity comparator — கலங்கல் நிலை ஒப்பளவுமானி

U

Ultraviolet — புற ஊதா
Uni axial — ஓரச்சு

V

Vacuum phototube — வெற்றிட ஒளிக்குழாய்
Variable area sound track — மாறுபடு பரப்பு ஒலிவரி
Variable density sound track — மாறுபடு அடர்த்தி ஒலிவரி
Velocity distribution — திசைவேகப் பகிர்வு
Visual light — கட்புலனாகும் ஒளி
Volume photoelectric effect — பரும ஒளிமின் விளைவு

W

Warp thread — நீட்டுவாட்டான நூலிழை
Weft thread — குறுக்கு நூலிழை
Wet cell — ஈரக் கலம்
Work function — வெளியேற்று ஆற்றல்
Wratten filter — ராட்டன் வடிப்பான்

X

Xenon — செனான்

Z

Zirconium — சிர்க்கோனியம்